

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.311.16

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології


на тему: «Аналіз впливу відновлюваних джерел енергії на керування електричним забезпеченням будівлі»

Виконала: студентка VI курсу, групи ОН-91мп

_____ Бойчук Олеся Іванівна
(прізвище, ім'я по батькові)

_____ (підпис)

Науковий керівник д.т.н., проф. Басок Б.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)


_____ (підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент Білоус І.Ю.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2020 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання

(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Системи забезпечення споживачів електричною енергією»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

«__» _____ 2020р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
*Бойчук Олеся Іванівні***

1. Тема дисертації: «Аналіз впливу відновлюваних джерел енергії на керування електричним забезпеченням будівлі»
2. Науковий керівник дисертації: к.т.н., проф. Басок Б.І. затверджені наказом по університету від «3» листопада 2019 р. №3199-с
3. Термін подання студентом дисертації: 14 грудня 2020 року
4. Об'єкт дослідження: процес реалізації комплексу заходів з дослідження сонячного потенціалу, проектування та будівництва промислової сонячної електростанції (СЕС).
5. Предмет дослідження: методи та заходи моделювання режиму роботи промислової сонячної електростанції.
6. Перелік завдань, які потрібно розробити: проведення аналізу нормативно-правового забезпечення та законодавчого регулювання щодо впровадження відновлювальних джерел енергії; проведення аналізу інструментів, що дозволять спроектувати оптимальну роботу сонячної станції за експлуатаційними і технічними характеристиками; аналіз режимів генерації та ефективності роботи СЕС.

7. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми).

8. Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9. Дата видачі завдання: 29 травня 2020 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Визначення мети, об'єкту магістерської дисертації	21.09.2020 – 25.09.2020	
2	Визначення попередньої структури дисертації	28.09.2020- 02.10.2020	
3	Робота над першим розділом	5.10.2020-16.10.2020	
4	Робота над другим розділом	19.10.2020-30.10.2020	
5	Робота над третім розділом	2.11.2020-20.11.2020	
6.	Розробка стартап проекту	23.11.2020-25.11.2020	
7.	Оформлення дисертації	26.11.2020-27.11.2020	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30. 11.20-10.12.20	
9.	Передзахист МД	10.12.20-14.12.20	
10.	Захист дисертації	17.12.20-22.12.20	

Студент

(підпис)

Бойчук О.І.
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації


(підпис)

Басок Б.І
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська дисертація на тему: "Аналіз впливу відновлюваних джерел енергії на керування електричним забезпеченням будівлі" складається із вступу, 4 розділів, висновків, переліку використаних джерел. Загальний обсяг роботи складає 118 сторінок основного тексту, в тому числі 26 рисунки, 23 таблиць, 46 бібліографічні найменування за переліком посилань.

Актуальність теми. На сучасному етапі розвиток сонячної енергетики в Україні є одним із ключових напрямів реформування вітчизняного енергетичного сектору, що задекларовано в низці стратегічних документів, зокрема Національному плані дій з відновлювальної енергетики до 2020 року та Енергетичні стратегії України до 2035 року. Необхідність залучення електроенергії, згенерованої з сонячного випромінювання, до загального енергобалансу країни обумовлена дефіцитом власних викопних паливно-енергетичних ресурсів, залежністю від їх імпорту, збільшенням негативного впливу традиційної енергетики на навколишнє природне середовище, необхідністю виконання міжнародних зобов'язань в рамках членства України в Європейському Енергетичному Товаристві та Паризькій кліматичній угоді.

Основним бар'єром на шляху динамічного розвитку вітчизняного сектору сонячної енергетики залишається потреба в значних фінансових ресурсах для реалізації інвестиційних проєктів з будівництва сонячних електростанцій. Тому пошук можливих варіантів їх залучення набуває особливої актуальності.

Незважаючи на значну кількість публікацій та досліджень, присвячених проблемам відновлювальної енергетики, більшість із них спрямована на визначення загальної ситуації на ринку та технічним проблемам галузі. Дослідженням впровадження технологій енергозбереження, альтернативних джерел енергії та сонячної енергетики в Україні займалися такі вчені, як: Б.Басок, О.Башта, Є.Боршук, Б.Буркінський, В.Ільясов, А.Касич, В.Мікловда, Д.Нестеров, С.Савчук, Л.Товажнянський, А.Фризоренко. Л.Шевчук.

Метою магістерської дисертації є визначення умов розвитку функціонування сонячної енергетики в Україні та розроблення проекту по встановленню дахової СЕС.

Відповідно до мети наукової роботи були поставлені такі завдання:

- дослідити теоретичні основи розвитку відновлюваних джерел енергії;
- проаналізувати сучасні тенденції розвитку сонячної енергетики у світі та Україні;
- провести аналіз нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження промислової СЕС на даху адміністративної будівлі;
- оцінити потенціал використання сонячної енергетики в Україні;
- розрахувати вартість генерації електроенергії, згенерованої сонячною електростанцією, чинний рівень «зеленого» тарифу та термін окупності інвестиційного проекту;
- дослідити економічні, екологічні та соціальні вигоди від реалізації проекту сонячної електростанції.

Об'єкт дослідження. Процес реалізації комплексу заходів з дослідження сонячного потенціалу, проектування та будівництва промислової сонячної електростанції (СЕС).

Предмет дослідження. Мережева сонячна станція на даху ІТТФ НАН України.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в науковій роботі мети і сформованих відповідно до неї завдань були використані такі методи та підходи: розрахунково-аналітичний та статистико-економічний методи, системний та комплексний підходи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення об'єкта.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що встановлення та експлуатація дахових СЕС в структурі енергозабезпечення локального об'єкта дозволяє зменшити споживання електричної енергії та викидів CO² в атмосферу.

Апробація результатів роботи представлена на XII Науково-технічній конференції «Енергетика.Екологія.Людина» та на III Науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ.

Публікації. Бойчук О.І., Вплив відновлюваних джерел енергії на керування електричним забезпеченням кінцевого споживача(на прикладі адміністративної будівлі). III Науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ, м.Київ; дата проведення: 26–27 листопада 2020 року. Бойчук О.І., використання накопичувального електроводонагрівача для зменшення пікового денного електроспоживання та усунення провалу нічного енергопостачання. XII Науково-технічній конференції «Енергетика.Екологія.Людина», м.Київ; дата проведення: 7-8 травня 2020 року.

Програмне забезпечення. Для виконання розрахунків у розділі 3 магістерської дисертації використовувалось наступне програмне забезпечення: PV*SOL, MS Excel.

Ключові слова: ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, БАЛАНС ПОТУЖНОСТІ, ВСТАНОВЛЕНА ПОТУЖНІСТЬ, СОНЯЧНІ ПАНЕЛІ, АЛЬТЕРНАТИВНА ЕНЕРГЕТИКА.

ABSTRACT

Structure and scope of work. Master's dissertation on the topic: "Analysis of the impact of renewable energy sources on the management of electrical supply of the building" consists of an introduction, 4 sections, conclusions, a list of sources used. The total volume of the work is 118 pages of the main text, including 26 figures, 23 tables, 46 bibliographic titles according to the list of references.

Actuality of theme. At the present stage, the development of solar energy in Ukraine is one of the key areas of reform of the domestic energy sector, which is declared in a number of strategic documents, including the National Renewable Energy Action Plan until 2020 and Ukraine's Energy Strategies until 2035. The need to attract electricity generated from solar radiation to the overall energy balance of the country is due to the shortage of its own fossil fuel and energy resources, dependence on their imports, increasing the negative impact of traditional energy on the environment, the need to meet international obligations. Society and the Paris Climate Agreement.

The main barrier to the dynamic development of the domestic solar energy sector remains the need for significant financial resources for the implementation of investment projects for the construction of solar power plants. Therefore, the search for possible options for their involvement becomes especially relevant.

Despite the large number of publications and research on renewable energy issues, most of them are aimed at determining the general market situation and technical problems of the industry. Researchers such as B. Basok, O. Bashta, E. Borschuk, B. Burkinsky, V. Ilyasov, A. Kasych, V. Miklovda, D. Nesterov studied the introduction of energy saving technologies, alternative energy sources and solar energy in Ukraine. , S. Savchuk, L. Tovazhnyansky, A. Fryzorenko. L. Shevchuk.

The purpose of the master's dissertation is to determine the conditions for the development of solar energy in Ukraine and the development of a project to establish an industrial SES.

In accordance with the purpose of scientific work, the following tasks were set:

- to investigate theoretical innovations in the development of renewable energy sources;
- to analyze current trends in the development of solar energy in the world and in Ukraine;
- to analyze the legal framework and legislation on the implementation of industrial SES on the roof of the office building;
- assess the potential use of solar energy in Ukraine;
- calculate the cost of generating electricity generated by a solar power plant, the current level of "green" tariff and the payback period of the investment project;
- explore the economic, environmental and social benefits of a solar power plant project.

Object of study. The process of implementing a set of measures for the study of solar potential, design and construction of an industrial solar power plant (SES).

The subject of research. Network station solar rooftop Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine.

Research methods. To achieve the goal set in the scientific work and the tasks formed in accordance with it, the following methods and approaches were used: calculation-analytical and statistical-economic methods, systemic and complex approaches.

The scientific novelty of the obtained results lies in the substantiation of the technical and economic feasibility of installing a roof SES, which makes it possible to increase the energy efficiency of the facility.

The practical significance of the obtained results is that the installation and operation of roof SES in the energy supply structure of the local facility allows to reduce electricity consumption and CO₂ emissions into the atmosphere.

Approbation of the results of the work was presented at the XII Scientific and Technical Conference "Energy. Ecology. Man" and at the III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates.

Publications. Boychuk O., Influence of renewable energy sources on the management of electrical supply to the end user (on the example of an administrative building). III Scientific and Technical Conference of IEE undergraduates, Kyiv; date: November 26-27, 2020. Boychuk O, use of accumulative electric water heater to reduce peak daytime power consumption and eliminate the failure of night power supply. XII Scientific and Technical Conference "Energy. Ecology. Man", Kyiv; date: May 7-8, 2020.

Software. The following software was used to perform calculations in section 3 of the master's dissertation: PV * SOL, MS Excel.

Keywords: RENEWABLE ENERGY SOURCES, SOLAR POWER PLANT, POWER BALANCE, INSTALLED POWER, SOLAR PANELS, ALTERNATIVE ENERGY.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ	12
ВСТУП	13
1 АНАЛІЗ ІНОЗЕМНИХ ТА ВІТЧИЗНЯНИХ ПУБЛІКАЦІЙ НА ТЕМУ ВПЛИВУ ВДЕ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ.....	15
1.1 Загальні відомості про відновлювані джерела енергії та їх вплив на керування енергетичної системи України.....	15
1.2 Закордонний досвід формування ринку електричної енергії	28
1.3 Прогнозування генерації електричної енергії СЕС та шляхи вирішення цих вимог	34
1.4 Аналіз нормативно-правового забезпечення ринку електроенергетики України	38
Висновки до розділу	41
2 ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ	42
2.1 Загальні положення	42
2.2 Технологія виготовлення і принцип роботи сонячних елементів	49
2.2.1 Застосування кремнію для виготовлення сонячних елементів ...	51
2.2.2 Порівняння монокристалічних і полікристалічних сонячних модулів.....	53
2.3 Система «зеленої сертифікації» в Україні.....	57
2.4 SWOT-аналіз розвитку сонячної енергетики України.....	61
Висновки до розділу	62
3 ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СЕС	63
3.1 Моделювання сонячних електростанцій: огляд програмного забезпечення	63
3.2 Оцінка ресурсів в місці будівництва СЕС та визначення рівня сонячної інсоляції.....	69

3.2.1	Характеристика місця будівництва дахової СЕС	69
3.2.2	Визначення рівня сонячної інсоляції.....	71
3.3	Проектування та опис СЕС у програмі. Схемні конструктивно-компонуючі рішення	77
3.4	Технічні характеристики обладнання для СЕС.....	79
3.4.1	Вибір типу фотоелектричних модулів.....	79
3.4.2	Вибір мережевого інвертора	82
3.5	Типи підключення дахової СЕС до мережі	84
3.6	Екологічний аспект від впровадження СЕС	90
3.7	Техніко-економічні показники встановлення дахової СЕС	92
	Висновки до розділу	96
4	РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	98
4.1	Опис ідеї проекту	98
4.2	Технологічний аудит ідеї проекту	Error! Bookmark not defined.
4.3	Зовнішній вигляд розробленої моделі калькулятора	100
4.4	Розроблення стратегії проекту	103
4.5	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	104
4.6	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	107
	Висновки до розділу	110
	ВИСНОВКИ	111
	Список літератури.....	113
	Додаток А	118
	Додаток Б.....	119

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ

GWEC - Global Wind Energy Council

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ВЕС – вітрова електростанція;

ЕСУ – енергетична стратегія України;

ЄС – Європейський Союз

ЗТ – «зелений» тариф

ККД – коефіцієнт корисної дії;

НВДЕ - нетрадиційні відновлювані джерела енергії;

НКРЕКП – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

ОЕС – об'єднана енергетична система;

ОРЕ – оптовий ринок електроенергії

ФЕМ - фотоелектричний модуль.

ВСТУП

Актуальність теми. На сучасному етапі розвиток сонячної енергетики в Україні є одним із ключових напрямів реформування вітчизняного енергетичного сектору, що задекларовано в низці стратегічних документів, зокрема Національному плані дій з відновлювальної енергетики до 2020 року та Енергетичні стратегії України до 2035 року. Необхідність залучення електроенергії, згенерованої з сонячного випромінювання, до загального енергобалансу країни обумовлена дефіцитом власних викопних паливно-енергетичних ресурсів, залежністю від їх імпорту, збільшенням негативного впливу традиційної енергетики на навколишнє природне середовище, необхідністю виконання міжнародних зобов'язань в рамках членства України в Європейському Енергетичному Товаристві та Паризькій кліматичній угоді.

Основним бар'єром на шляху динамічного розвитку вітчизняного сектору сонячної енергетики залишається потреба в значних фінансових ресурсах для реалізації інвестиційних проєктів з будівництва сонячних електростанцій. Тому пошук можливих варіантів їх залучення набуває особливої актуальності.

Незважаючи на значну кількість публікацій та досліджень, присвячених проблемам відновлювальної енергетики, більшість із них спрямована на визначення загальної ситуації на ринку та технічним проблемам галузі. Дослідженням впровадження технологій енергозбереження, альтернативних джерел енергії та сонячної енергетики в Україні займалися такі вчені, як: Б.Басок, О.Башта, Є.Борщук, Б.Буркінський, В.Ільясов, А.Касич, В.Мікловда, Д.Нестеров, С.Савчук, Л.Товажнянський, А.Фризоренко, Л.Шевчук.

Метою магістерської дисертації є визначення умов розвитку функціонування сонячної енергетики в Україні та розроблення проєкту по встановленню промислової СЕС.

Відповідно до мети наукової роботи були поставлені такі завдання:

– дослідити теоретичні основи розвитку відновлюваних джерел енергії;

- проаналізувати сучасні тенденції розвитку сонячної енергетики у світі та Україні;
- провести аналіз нормативно-правового забезпечення, та законодавчого регулювання щодо впровадження промислової СЕС на даху адміністративної будівлі;
- оцінити потенціал використання сонячної енергетики в Україні;
- розрахувати вартість генерації електроенергії, згенерованої сонячною електростанцією, чинний рівень «зеленого» тарифу та термін окупності інвестиційного проєкту;
- дослідити економічні, екологічні та соціальні вигоди від реалізації проєкту сонячної електростанції.

Об’єкт дослідження. Процес реалізації комплексу заходів з дослідження сонячного потенціалу, проектування та будівництва дахової сонячної електростанції (СЕС).

Предмет дослідження. Мережева сонячна станція на даху ІТТФ НАН України.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої в науковій роботі мети і сформованих відповідно до неї завдань були використані такі методи та підходи: розрахунково-аналітичний та статистико-економічний методи, системний та комплексний підходи.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні техніко-економічних доцільності встановлення дахової СЕС, що дає можливість підвищити ефективності енергозабезпечення об’єкта.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що встановлення та експлуатація дахових СЕС в структурі енергозабезпечення локального об’єкта дозволяє зменшити споживання електричної енергії та викидів CO₂ в атмосферу.

1 АНАЛІЗ ІНОЗЕМНИХ ТА ВІТЧИЗНЯНИХ ПУБЛІКАЦІЙ НА ТЕМУ ВПЛИВУ ВДЕ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

1.1 Загальні відомості про відновлювані джерела енергії та їх вплив на керування енергетичної системи України

Кожного року в Україні та в країнах світу постає питання забезпечення паливом та різними видами енергії. Це відбувається по причині нестачі та вичерпності традиційних енергоносіїв, таких як нафта, газ, вугілля. Існує два підходи для розв'язання даної проблеми: раціональне споживання палива або пошук нових рішень, таких як застосування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії [1].

Привабливість застосування нетрадиційних джерел енергії полягає в їх екологічності, невичерпності запасів та відносній простоті перетворення. Особливу актуальність даний напрямок набуває і в Україні, яка характеризується досить обмеженими запасами джерел енергії. Використання енергії сонця, вітру, біомаси, тепла землі та інших дозволить суттєво наповнити енергетичний баланс України [2].

За словами Ольховського Г.Г. [3] відновлювані джерела енергії мають невичерпний потенціал. У своїй роботах, автор підкреслює цей фактор, а також дуже часто називає відновлювані джерела енергії (надалі ВДЕ) абсолютно незалежними, адже вони не можуть вичерпатися з часом, вони не потребують спеціальних транспортних умов, а найголовніше – ВДЕ і їх видобуток при правильному підході та устаткуванні, під час своєї експлуатації майже не шкодять навколишньому середовищу. Зараз, в Україні, починається свого роду енергетичний «бум» в галузі нетрадиційної енергетики, щоправда, вже сьогодні важко так впевнено називати ВДЕ нетрадиційними, як це було ще 5-7 років тому.

Згідно [4] потенціалу ВДЕ в Україні й справді немало. І це без сумніву є позитивним моментом в сфері сучасного шляху розвитку енергетики в Україні. За останній роки, в нашій державі і справді докорінним чином змінилася глобальна стратегія розвитку енергетики [5].

Лідерами за кількістю виробленої «зеленої» енергії у світі справедливо вважаються вітрові та сонячні електростанції. Гідроелектростанції зазвичай прийнято пропускати в даному випадку, проте екологи в свою чергу називають ГЕС найбільш правильними джерелами відновлюваної енергії [6].

Поняття альтернативної або регенеративної енергії передбачає такий вид енергії, що можна використовувати нескінченно, а джерело цієї енергії не вичерпається ніколи.

До подібних джерел належить енергія природних ресурсів – вітру, води, сонця та тепла. Крім того, ці джерела енергії не здійснюють шкідливого впливу на навколишнє середовище, тобто при їх використанні не утворюється вуглекислий газ або радіоактивні відходи, які можуть забруднити атмосферу, воду, ґрунт і тим самим завдати збитків природі [7,11].

До НВДЕ зазвичай відносять сонячну, вітрову та геотермальну енергію, енергію морських припливів і хвиль, біомаси (рослини, різні види органічних відходів). Також до НВДЕ зазвичай відносять малі ГЕС (потужністю до 30 МВт при потужності одиничного агрегату не більше 10 МВт), які відрізняються від традиційних – більших – ГЕС тільки масштабом [8, 9,11].

Різні види НВДЕ знаходяться на різних стадіях освоєння, найбільше застосування отримали вітрова та сонячна енергетика. Наша держава володіє достатньо високим потенціалом для їх використання, як показано на рис.1.1-1.2.

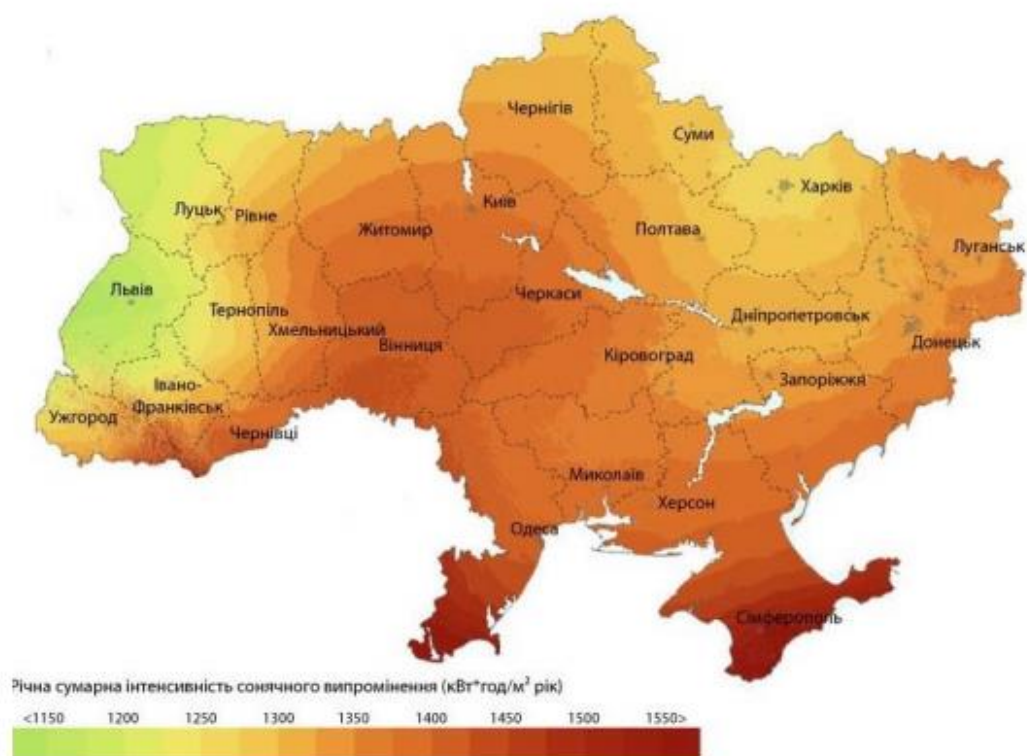


Рисунок 1.1 – Потенціал сонячної енергетики в Україні

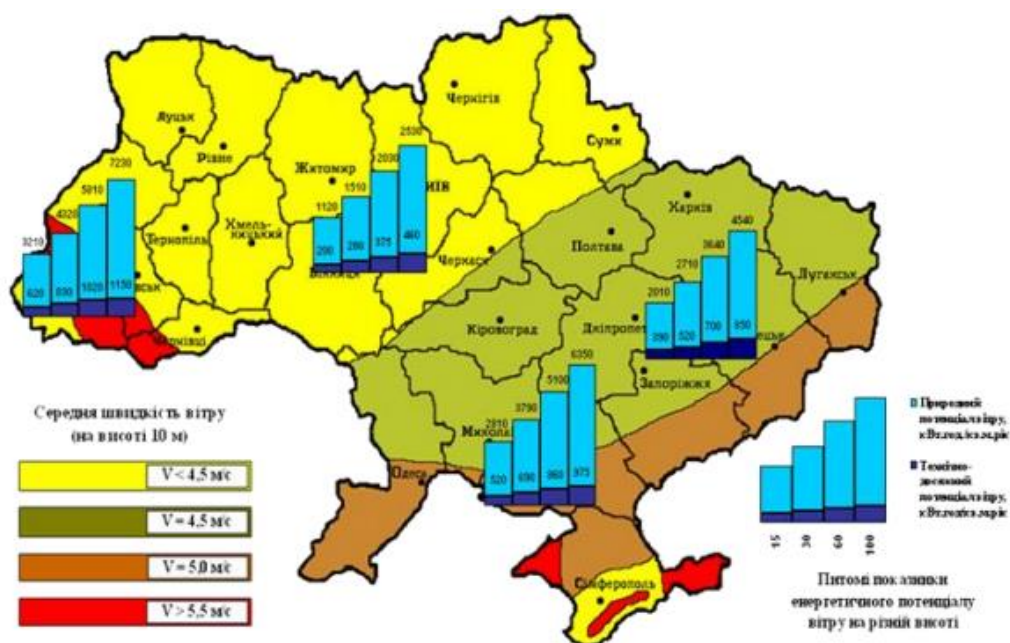


Рисунок 1.2 – Потенціал вітроенергетики в Україні (станом на 2019 рік)

Вітрова енергетика

У світі вітрова енергетика розвивається достатньо швидко та інтенсивно, а у деяких країнах випереджає за показниками інші енергетичні галузі. Лідерами з країн, які освоїли енергії вітру є США, Німеччина та Данія.

Найбільша перевага використання даного джерела енергії беззаперечно у її екологічності, так як при експлуатації не використовуються викопне паливо. За даними, що опублікувала Всесвітня ради по енергії вітру (GWEC), до 2050 року за допомогою енергії вітру вдасться скоротити щорічну емісію вуглекислого газу на 1,5 млрд.т.

За прогнозами аналітиків [10], у найближчі роки вітроенергетика в Україні буде розвиватися швидше, у порівнянні з іншими видами відновлюваної енергетики, а загальна потужність вітропарків перевищить потужність сонячних станцій в 10 разів. На думку експертів, це зумовлено тим, що в порівнянні з фотоелектричними модулями, при однаковій потужності, вітроустановки займають меншу площу і коштують набагато дешевше.

Світовий досвід показує, що найефективніше енергія вітру використовується в морських і прибережних районах, а також в гірських і пересічених місцевостях. З цієї точки зору територія України, має відповідні географічні характеристики і значну кількість перспективних для вітроенергетики зон. Найбільший вітровий потенціал мають значні території, які прилеглі до Чорного та Азовського моря, а також гори Карпати. Крім того, є ділянки з підвищеним вітровим потенціалом в Донецькій та Дніпропетровській областях. При реалізації проектів з будівництва і введення в експлуатацію ВЕС на усіх цих територіях, можна було б забезпечити близько 30% покриття потреб України в електроенергії [10,12].

Згідно [12] переваги вітрової енергетики:

- низька собівартість – вітроенергетика може конкурувати з ядерною, вугільною та газовою енергетикою;
- нульова вартість паливної складової, джерело енергії невичерпне і присутнє в необмеженій кількості;

- екологічно прийнятна енергетика – виробництво енергії не супроводжується викидами двоокису вуглецю;
- вітроенергетика не має ризиків, пов'язаних із нестабільністю цін на викопне паливо;
- надійність постачання – вітроенергетика дозволяє уникнути залежності від імпорту енергоресурсів;
- модульний дизайн, швидкий монтаж;
- електропостачання за обсягами порівнянне з традиційними способами генерації;
- вітроенергетика не заважає веденню сільського господарства і промислової діяльності поблизу вітростанцій.

Загалом у всьому світі науковці займаються вивченням та дослідженням оцінки ресурсів вітрової енергетики, та найдетальніше країни Європи. Дослідження довели, що вітрові ресурси майже рівномірно розподіляються між усіма країнами та регіонами Європи [13].

Постійно удосконалюючи технології прогнозування (провівши точні прогнози погоди, аналіз статистичних даних, заміна старих моделей на вдосконалені вітроустановок) можливо заздалегідь передбачати обсяг виробленої енергії на період від 5 хвилин до 3 діб, а також робити оцінку генерації по сезонах і річним циклам. На даному етапі використання сучасних засобів розрахунків похибка оцінки генерації(для одного вітропарку) становить 10-20% (при прогнозуванні на 36 годин). Для групи вітропарків похибка становить 10% на одну добу та 5% на 1-4 години [13].

Збором, обробкою інформації та складанням річних звітів в області світової вітроенергетики займаються декілька організацій і компаній, такі як: GWEC (Global Wind Energy Council, Brussel), WWEA (World Wind Energy Association, Bonn), DEWI (German Wind Energy Institute, Wilhelmshaven, Germany).

Станом на 2019 рік в Україні загальна потужність вітропарків становить 706 МВт, та до 2020 року планується виробляти 1 ГВт. Найбільш потужними

ВЕС на території України є Ботіївська (Приморський посад), Новоазовська, Орлівська, Приморська, Дмитрівська

Геотермальна енергетика

За даними Міжнародного енергетичного агентства, частка геотермальної енергетики в загальному енергетичному балансі світу становить близько 0,3% з перспективою росту до 0,5% до 2030 року [14].

Сьогодні геотермальні ресурси ідентифіковані майже в 90 країнах, а більш ніж в 80 країнах вони уже використовуються. З трьох можливих носіїв геотермальної енергії – підземні флюїди, розпечені скельні породи та розплавлена лава - в даний час практичне поширення набуло використання нагрітих підземних вод, які містяться в пластах гірських порід, утворюючи так звану гідротермальну оболонку, що залягає на різних глибинах по всій земній кулі. Цей вид енергії має цілий ряд істотних переваг, в порівнянні з традиційними енергоносіями (відновлюваність, стабільність і тривала надійність базового навантаження, відносно низька вартість, екологічність).

Але існує і ряд суттєвих проблем. Ресурси, доступні для виробництва електроенергії у вигляді перегрітої пари або води поширені на обмеженій поверхні планети і географічно не завжди зручні для використання.

Високі ризики геотермальних проєктів, особливо на стадії геологорозвідки. Основні переваги геотермальної енергії мають свої обмеження, як, наприклад, максимальна потужність геотермальної установки обмежена теплопродуктивністю підземного резервуару. Поновлюваний характер геотермальної енергії не є безумовним, оскільки здатність підземного резервуару відновлюватися може бути порушена в результаті високих і неконтрольованих обсягів відбору теплоносія. На роботу ГеоЕС можуть вплинути природні зміни в земній корі. У зв'язку з неоднорідністю геотермального потенціалу по регіонах світу, виникла необхідність створення великої кількості технологій використання геотермальної енергії (таблиця 1.1),

що ускладнює та робить його більш дорогим для попереднього вибору технологічних рішень [15].

Таблиця 1.1 - Технології використання геотермальної енергії

Енергетичний потенціал джерела геотермальної енергії	Глибина свердловин, м	Температура, °C	Вид енергії, що використовується	Технологія використання геотермальної енергії
Дуже низький	До 100	0-30	опалення	Тепловий насос
Низький	1000-3000	50-90	опалення	Опалення та кондиціонування
Середній	500-1500	90-150	електроенергія	Бінарний цикл/ТЕЦ
Високий	500-1500	150-350	електроенергія	Паротурбінна установка
Дуже високий	Більше 3000	Більше 200	електроенергія	Геотермальна установка

Основний приріст в сумарною встановленою потужністю відбувається, в основному, шляхом розвитку бінарних геотермальних технологій. Існують наступні схеми виробництва електроенергії з використанням гідротермальних ресурсів: пряма – використовується сухий пар, непряма - з використанням пари і перегрітої води і змішана - бінарний цикл.

Перевага бінарних установок полягає в тому, що вони дозволяють забезпечити електроенергією регіони, які мають низькотемпературні геотермальні ресурси, а також підвищити потужності наявних ГеоЕС, що працюють на високотемпературному геотермальному теплоносії, без буріння додаткових свердловин [16].

В даний час в США, Франції, Німеччині, Великобританії, Японії, Австралії інтенсивно розвивається напрямок по використанню теплоти сухих нагрітих гірських порід, які поширені практично повсюдно і потенціал яких приблизно в 100 разів більше теплового потенціалу гідротермальних систем. В рамках цього напрямку створюються нові технології, які в майбутньому,

можливо, багато в чому зможуть вирішити проблему енергозабезпечення населення Землі.

Так, наприклад, компанія Ormat (Ізраїль) повідомила про завершення налагоджувальних робіт свердловини, що працює за принципово новою технологією: вода закачується під тиском в гарячі сухі скельні породи, отриманий пар піднімається на поверхню і надходить на турбіну, генеруючи енергію. Особливістю проекту є те, що в свердловину закачували воду геотермального джерела під тиском 5500-6900 кПа. При цьому розпечена порода піддається значному руйнуванню, в результаті чого, в неї можна закачати максимально можливу кількість води. Технологія і проект отримали робочу назву Desert Peak.

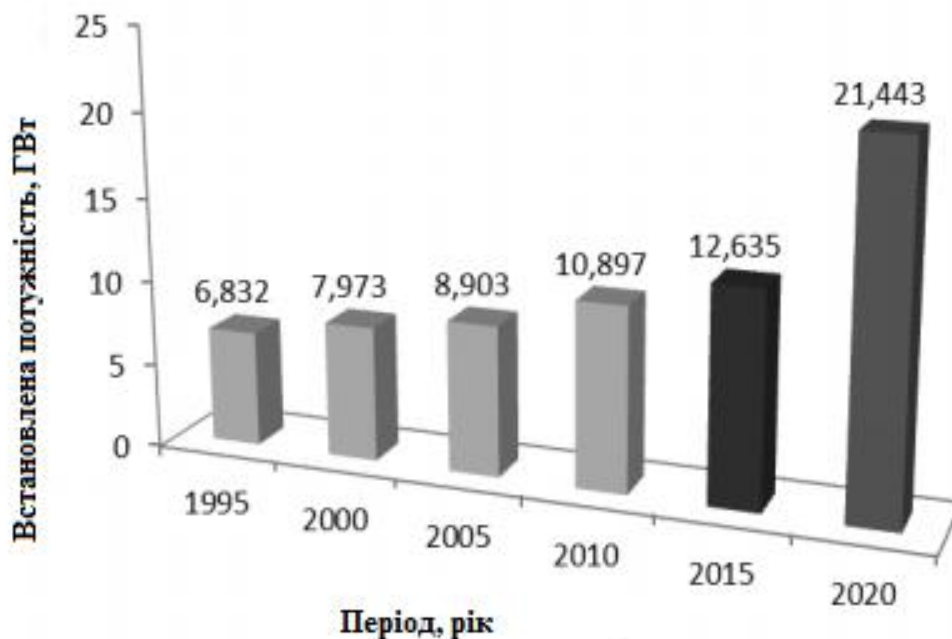


Рисунок 1.3 - Збільшення встановленої потужності електричних геотермальних станцій в світі, 1995-2020 рр.

За прогнозами Міжнародного Геотермального Агентства (IGA) До 2020 р встановлена потужність геотермальних електростанцій досягне 21 ГВт (рис. 1.3) [17]

Низький рівень використання геотермальної енергії, попри її очевидні і переконливі переваги, визначається цілою низкою невирішених проблем.

1. Економічно вигідні високо потенціальні ресурси географічно поширені в обмеженій кількості регіонів і не завжди легкодоступні. Середньо- і низько потенційні геотермальні ресурси доступні практично повсюдно, але вимагають або дорогого глибинного буріння, або великих площ під неглибокі свердловини в великій кількості.

2. З точки зору інвесторів, геотермальні проекти мають високі ризики. Необхідні значні інвестиції для того, щоб переконатися, чи володіє геотермальний об'єкт достатнім потенціалом для відшкодування витрат. Як зазначається в [18], «це пов'язано з геолого-геотермічною невизначеністю геотермальних басейнів, малої достовірності інформації по глибині і площі залягання термоводонесних горизонтів, їх температури, потужності, проникності, пластовим тиском, мінералізації та ін. ».

Головні ризики відносяться до стадії геологорозвідки, до випробувального і тестового буріння. Тільки пробне буріння може становити до 15% від загальної вартості проекту. На цьому етапі визначаються основні характеристики та експлуатаційні якості проекрованої геотермальної установки, витрати виробництва і порядок інвестицій в будівництво геотермальної системи. Поєднання економічно вигідних параметрів системи, отриманих в результаті проведених досліджень, дозволяє оцінити доцільність планування і подальшого освоєння геотермального родовища.

3. При розробці та освоєнні геотермальних родовищ серйозною перешкодою є відсутність в більшості країн, що розвиваються, в країнах Центральної та Східної Європи узаконеної методики оцінки геотермальних ресурсів, оцінки теплової та температурної продуктивності геотермальних водонесних пластів, а також відсутність законодавства освоєння геотермальних ресурсів, без чого неможливе ефективне прогнозування, планування і освоєння геотермальних родовищ.

4. Створення великих проектів геотермальних систем зазвичай займає від 5 до 10 років. У зв'язку з тривалим циклом розробки таких проектів, вони повинні бути частиною довгострокової енергетичної стратегії. Підтримка розробки геотермального проекту повинна містити такі елементи, як офіційна інформація для потенційних розробників про геотермальні ресурси, про ресурсах підземних (грунтових) вод, про основні геологічні характеристики регіону, важлива правова основа для використання геотермальних ресурсів і підтримуюча політика для залучення приватних інвесторів.

5. Ключовим елементом успішного розвитку геотермальної енергетики є наявність достатнього капіталу, потрібна активна участь як державного, так і приватного секторів економіки. Як показує світова практика, опора лише на комерційний капітал для розвитку геотермальної енергетики не часто буває життєздатною навіть на ринках розвинених країн.

6. Для вирішення проблем широкомасштабного використання геотермальних ресурсів необхідне проведення великого комплексу науково-дослідних робіт на стику наук: геології, теплофізики, термодинаміки, теплоенергетики. Необхідно глибоке вивчення процесів тепломасообміну при русі флюїду в підземних проникних шарах, гідродинаміки геотермальних циркуляційних систем, експлуатаційних характеристик реальних процесів перетворення [19].

Згідно [20], основні прогностичні ресурси термальних вод на території України, де можна організувати їх видобуток в промислових масштабах, зосереджені в Закарпатському, Прикарпатському, Дніпровсько-Донецькому і Причорноморському артезіанських басейнах. За розрахунками Державного комітету з геології України вони становлять 27,3 млн. м³/добу із середньою температурою 70 °С.

Прогностичні ресурси глибинної теплоти Землі, акумульованої в непроникних гірських породах, розташованих на глибині 3-5 км на території платформних структур Українського кристалічного щита і частини Воронезького кристалічного масиву, складають $322,7 \times 10^{12}$ ГДж. Є ряд

термоаномальних площ, де на глибинах 3,5-4,5 км в проникаючих колекторах є перегріті термальні води з температурою 170-210°C, які можуть бути використані для створення геотермальних електростанцій. Ці області розташовані в Закарпатській, Харківській, Донецькій областях.

Дані базуються на результатах пошукового буріння і випробування окремих геологорозвідувальних свердловин. Однак дані різних джерел про потенціал цих площ часто суперечливі і вимагають додаткових досліджень [21].

Енергія припливів та відпливів

Світовий океан - безперервна водна оболонка Землі, яка оточує материки й острови і володіє спільністю сольового складу. Займає площа 361,10 млн. км² (обсяг 1340, 74 млн. км³), що становить близько 70,8% земної поверхні. Він містить величезні обсяги енергії, які потрібно навчитися використовувати. В океані потенційно є різні види енергії - енергія хвиль і припливів; енергія хімічних зв'язків газів, солей і інших мінералів; енергія течій, що рухаються в різних частинах океану; енергія температурного градієнта, і їх можна перетворювати в стандартні види палива [22].

Для видобутку енергії з води, що рухається в основному використовуються гідроелектростанції і приливні електростанції, але є й інші джерела отримання енергії, деякі з них описані нижче.

Приливні електростанції використовують енергію приливних хвиль, яка має великий обсяг енергії, часто навіть руйнівною (цунамі). Для використання приливної енергії найбільш відповідними можна вважати такі місця на морському узбережжі, де приливи мають велику амплітуду, а контур і рельєф берега дозволяють влаштувати великі замкнуті «Басейни».

При перетворенні будь-яких видів океанічної енергії неминучі певні зміни природного стану порушених екосистем. До негативних наслідків роботи установок, що використовують термальних енергію океану, можна віднести витік в океан аміаку, пропану або фреону, а також речовини, що застосовуються для промивання опалювальних систем (хлор та інші). Можливе значне виділення вуглекислий газу з піднімаючих на поверхню холодних

глибинних вод через зниження в них парціального тиску CO_2 та підвищення температури. Виділення CO_2 з води при роботі океанічних ТЕС імовірно на 30% більше, аніж при роботі звичайної ТЕС тієї ж потужності, що використовує органічне паливо.

Охолодження вод океану викликає збільшення вмісту поживних речовин в поверхневому шарі і значне зростання фітопланктону. При підйомі до поверхні глибинні мікроорганізми будуть забруднювати океан та прийдеться використовувати спеціальні заходи з очищення.

Будівництво ПЕС позначається несприятливо на стані прибережних земель, самого узбережжя і прибережної смуги: змінюються умови підтоплення, засолення, розмиву берегів, формування пляжів і т.д. Зміна руху ґрунтових вод впливає на динаміку засолення прибережних земель.

Один з важливих питань впливу на навколишнє середовище перетворення енергії хвиль в прибережній зоні - це вплив на процеси в її межах. Речовини, що переміщуються хвилями, називаються прибережними наносами. Їхній рух необхідно для стабілізації берегової смуги, тобто для балансу між ерозією і відкладеннями.

Несприятливі екологічні наслідки приливної енергетики:

1. Періодичне затоплення прибережних територій, зміна землекористування в районі ПЕС, флори і фауни акваторії;
2. Будівельне помутніння води, поверхневі скиди забруднених вод. Несприятливі екологічні наслідки в хвильовій енергетиці: ерозія узбережжя, зміна руху прибережних пісків, а також значна матеріаломісткість;
3. Зміна сформованих судноплавних шляхів вздовж берегів;
4. Забруднення води в процесі будівництва, поверхневі скиди.

Невичерпні запаси кінетичної енергії морських течій, накопичені в океанах і морях можна використовувати для отримання енергії.

Сьогодні у деяких країнах, і в першу чергу в Англії, ведуться інтенсивні роботи по використанню енергії морських хвиль. Один з проектів використання морських хвиль заснований на принципі коливного водяного стовпа. У

гігантських коробах, без дна і з отворами вгорі, під впливом хвиль рівень води то піднімається, то опускається. Стоп води діє на зразок поршня: засмоктує повітря і нагнітає його в лопатки турбін. Головні труднощі тут становить узгодження інерції робочих коліс турбін з кількістю повітря в коробах, так щоб за рахунок інерції зберігалася постійною швидкість обертання турбінних валів в широкому діапазоні умов на поверхні моря [22].

Енергія біомаса

Згідно з оновленою енергетичної стратегією України до 2035 року, прогнозується, що частка імпортованих компонентів в енергобаланс країни може бути істотно знижена за рахунок розвитку відновлюваних джерел енергії, і в т.ч. енергетичної біомаси, власного видобутку природного газу, а також завдяки енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Реалізація біоенергетичний проектів в муніципальному секторі здійснюється в двох основних напрямках: виробництво теплової енергії для власного теплозабезпечення та виробництво теплової енергії для других споживачів (виробничі підприємства, фірми і компанії).

Згідно з прогнозом, загальна поставки первинної енергії (ОППЕ) з вугілля в 2035 році має становити 12 млн т нафтового еквівалента (т н.е.), по природному газу - 29 млн т н.е. і з нафтопродуктів - 7 млн т н.е. (всього 48 млн т н.е.), приблизно збігається з прогнозованим загальним економічним потенціалом поставок енергії з біомаси (43,4 млн т н.е. в 2050 г.). В 2035 році прогнозована частка енергії з біомаси, біопалива і відходів в структурі ОППЕ складе 11,5% (11 млн т н.е.) [23,24].

Економія природного газу на кожну вироблену 1 Гкал теплової енергії з біомаси становить 132-165 м³, а скорочення викидів парникових газів при заміщення природного газу в процесах енерговиробництва біомасою – близько 1,9 т CO₂ / тис. м³. Таким чином, котельня централізованого теплопостачання потужністю 8 МВт, що за опалювальний період здатна виробити 23 тис. Гкал теплової енергії, що дозволяє замінити понад 3 млн м³ природного газу та знизити викиди парникових газів на 6 тис. т CO₂ щорічно [26].

Економічна ефективність біоенергетичних проектів залежить від індивідуальних умов, які визначаються впливом наступних основних чинників:

- тривалість опалювального періоду та використання встановленої потужності обладнання (залежить від кліматичних умов населеного пункту);
- ціна на традиційні палива (залежить від категорії споживачів);
- ціна біопалива з доставкою (залежить від якості і виду палива, а також від відстані транспортування);
- масштаб проекту, обсяг капітальних витрат і умови фінансування щорічно [26].

У структурі витрат на виробництво теплової енергії витрати на біопаливо можуть становити 40-60%, тому вартість палива є ключовим параметром економічної доцільності заміщення традиційних палив на основі аналізу даних про результати 200 публічних закупівель дров на суму понад 100 млн. грн у 2017 році можна зробити висновок, що ціна на біопаливо в залежно від якості і регіону може відрізнятися в кілька разів, що пов'язано з витратами на доставку [23-26].

Ціна палива і обсяг капітальних витрат пропорційно впливають на термін окупності проектів, а тариф на відпуск теплової енергії має зворотний вплив, тому використання дорогого палива може бути доцільним при реалізації теплової енергії за високими тарифами, або для випадків повної відсутності [26].

1.2 Закордонний досвід формування ринку електричної енергії

Міжнародна інтеграція в енергетичній сфері є невід'ємним елементом міжнародної економічної інтеграції, що отримала активну розвиток у другій половині XX століття. Найбільш значущими прикладами створення регіональних міждержавних інтеграційних об'єднань в енергетиці є процес формування єдиних ринків газу та електроенергії в рамках Європейського

союзу (ЄС), об'єднання ринків в рамках Північно-Американської угоди про вільну торгівлю (НАФТА), загальний ринок електричної енергії країн Центральної Америки.

Сучасні дослідження показують, що інтеграція в енергетичній сфері на наднаціональному рівні необхідна для підвищення конкурентоспроможності та сталого розвитку національної енергетики, забезпечення енергетичної безпеки держав. При цьому прийняття наднаціональних правил дозволяє забезпечити більш ефективну кооперацію між державами в енергетичній сфері в порівнянні з домовленостями, досягаються в рамках двостороннього міждержавного співробітництва. Водночас, слід враховувати, що участь в наднаціональних енергетичних проектах створює і певні ризики для національних економік, пов'язані з виходом на ринок великих іноземних учасників і передачею частини суверенітету на наднаціональний рівень.

Існує тенденція до зміщення компетенції регулювання в сторону наднаціональних органів та інститутів так, при укладанні міжнародних угод на енергетичних ринках, зокрема, в сфері природного газу, сторони керуються наднаціональним правом, кодифікованим на рівні інтеграційного об'єднання, при цьому неухильно знижується значення двосторонніх договорів.

Основний ефект від створення інтеграційних об'єднань в сфері електроенергетики полягає в зниженні потреби в резервуванні потужностей з урахуванням різночасності добових і річних графіків навантаження і підвищенні рівня конкуренції на електроенергетичних ринках в результаті їх територіального розширення.

Перехід до інтегрованого ринку електричної енергії дає можливість підвищити ефективність поставок електроенергії, знизити витрати на її виробництво, і, відповідно ціни (тарифи) на електроенергію для споживачів, підвищити якість послуг і надійність енергопостачання в результаті розширення ринків і посилення конкуренції. Крім того, енергетична інтеграція є одним із способів вирішення екологічних проблем за рахунок скорочення викидів вуглекислого газу в результаті оптимізації завантаження генеруючих

потужностей. Також створення спільних електроенергетичних ринків сприяє подальшому розвитку міждержавного економічного взаємодії в частині поставок енергоресурсів, обладнання та спільної реалізації великих інвестиційних проектів.

Слід зазначити відмінність понять «єдиного ринку» і «спільного ринку». Обидва зазначених поняття застосовуються як щодо міждержавної економічної інтеграції в цілому, так і по відношенню до інтеграції електроенергетичних ринків. Створення «спільного ринку» як етапу міжнародної економічної інтеграції передбачає скасування всіх видів мит і створення умов для вільного переміщення товарів, робіт і послуг, капіталу і трудових ресурсів. На етапі створення спільного ринку між державами зберігаються відмінності в системі оподаткування, крім того, можуть бути не повністю гармонізовані всі аспекти регулювання. Формування «єдиного ринку» є наступною стадією інтеграції і передбачає злиття національних ринків в єдиний ринок з уніфікованим регулюванням всіх аспектів і сфер ринку.

Європейський досвід стимулювання відновлювальної енергетики (таблиця 1.2)

Одним з найбільш великих прикладів сучасної міждержавної інтеграції в електроенергетичній сфері є єдиний електроенергетичний ринок країн Європейського союзу. Учасниками даного ринку виступає велика кількість держав з відмінною один від одного технологічної та організаційною структурою електроенергетичної галузі.

Таблиця 1.2 - Види стимулювання ВДЕ в країнах ЄС

Країна	Види стимулювання	Особливості застосування
Велика Британія	«Зелені» тарифи. Стимулювання відновлюваного виробництва тепла. Сертифікати засвідчення дотримання зобов'язання щодо використання ВДЕ	Якщо здійснюється власне виробництво відновлюваної енергії, виробником отримується оплата за вироблену власну енергію та за надлишок, який експортовано в мережу. Довгострокова фінансова підтримка для виробництва відновлюваного тепла, спрямована на непобутові установки першого року фінансування (починаючи з вересня 2011 р.) та для домогосподарств (з 2014 р.). Сертифікати отримуються виробниками електроенергії з авторизованих відновлюваних джерел за кожну вироблену ними мегават годину.
Німеччина	«Зелені» тарифи. Конкурентні засади державної підтримки (тендери). Стимулювання енергетичної кооперації	Упроваджено механізм регулярного зниження тарифних ставок. У тендерних процедурах, які застосовуються, починаючи з 2014 р., що визначають рівень підтримки виробників електричної енергії, повинні брати участь наземні та офшорні вітрові та сонячні електростанції від 750 кВт, а на біомасі електростанції від 150 кВт. Рівень пільгових тарифів залежить від місцевих умов конкретного виробника. Понад 1000 енергетичних кооперативів володіють 46% встановленої сонячної потужності.
Данія	«Зелені» тарифи. Фінансова підтримка відновлюваної енергії. Стимулювання енергетичної кооперації	Потрійний «зелений» тариф для малих електростанцій. Рівень пільгових тарифів залежить від місцевих умов конкретного виробника (ступінчаста структура тарифів, що передбачає обмеження виплати їх вищого рівня максимально дозволеним обсягом генерації). Енергокооперативи почали активно функціонувати ще в 70-х рр. минулого століття

Продовження таблиці 1.2

Нідерланди	«Зелені» тарифи. Конкурентні засади державної підтримки (аукціони). Податкові пільги Інвестиційні гранти	Рівень пільгових тарифів залежить від місцевих умов конкретного виробника (ступінчаста структура тарифів, що передбачає обмеження виплати їх вищого рівня максимально дозволеним обсягом генерації). Конкурентні процедури застосовуються з 2011 р. для проектів будівництва електростанцій з ВДЕ з диференціацією за технологіями ВДЕ. Обмеження за мінімальним/максимальним розміром проекту, що може брати участь у конкурентних процедурах, немає; максимальний бюджет держпідтримки обмежується щорічно при прийнятті бюджету держави. За результатами аукціону визначається премія, що сплачується переможцю додатково до ринкової ціни продажу електричної енергії.
Франція	«Зелені» тарифи. Інвестиційні гранти. Преміальні надбавки. Конкурентні засади державної підтримки (аукціони)	Тарифи для певного джерела енергії визначають окремі накази щодо конкретної технології та передбачають інфляційну індексацію. Рівень пільгових тарифів залежить від місцевих умов конкретного виробника (ступінчаста структура тарифів, що передбачає обмеження виплати їх більш високого рівня максимально дозволеним обсягом генерації). Конкурентні процедури застосовуються з 2011 р. для проектів будівництва СЕС потужністю понад 250 кВт. Гарантований рівень тарифу визначається за результатами аукціону на 20 років

На момент прийняття рішення про початок інтеграції в країнах Євросоюзу присутній широкий спектр моделей національних ринків електроенергії. У Франції електроенергетика була повністю централізована і

перебувала під контролем держави, в той час як в Німеччині структура галузі представляла собою ряд регіональних монополій, а в Великобританії вже було проведено реформування електроенергетичної галузі та впроваджена повномасштабна конкуренція.

У 2009 р Європейським парламентом і Радою міністрів Євросоюзу був прийнятий третій енергетичний пакет, що визначає незалежний статус національного регулюючого органу, посилення його ролі і повноважень, а також створення наднаціонального органу регулювання в енергетиці – Європейського агентства по взаємодії регуляторів енергетики (The European Agency for the Cooperation of Energy Regulators, ACER), до повноважень якого віднесено координація роботи національних регулюючих органів, розробка та контроль за виконанням нормативних документів Європейського Союзу, визначення межі торгових зон, регулярний моніторинг стану ринку.

Також було засновано Європейське співтовариство операторів магістральних мереж в області електроенергетики (ENTSO-E), яке здійснює взаємодію системних операторів загальноєвропейського і національного рівнів, планування і координацію функціонування паралельно працюючих систем, координацію транскордонної торгівлі електроенергією.

До повноважень ENTSO-E віднесені також питання довгострокового планування розвитку електричних мереж, розробки та контролю за дотриманням мережевих кодексів. Зазначена асоціація також бере участь в розробці правил експлуатації інфраструктури електромережі (network codes).

В рамках функціонування електроенергетичних ринків на території Євросоюзу діє ряд бірж електричної енергії, які здійснюють торги по контрактами на добу вперед. До числа основних європейських бірж відносяться Nord Pool (країни Північної Європи), EPEX (Німеччина, Франція, Австрія, Швейцарія, Люксембург), BelreX (Бельгія), OMIE (Іспанія і Португалія), APX NL (Нідерланди), APX UK (Великобританія), GME (Італія). В останні роки в країнах Євросоюзу спостерігається тенденція укрупнення електроенергетичних бірж.

1.3 Прогнозування генерації електричної енергії СЕС та шляхи вирішення цих вимог

Основна частка базової потужності України складається з виробництва електроенергії на АЕС та ТЕС, тому існує брак маневреної генерації. Через збільшення частки ВЕС та СЕС в графіку негарантованого виробництва електроенергії існує потреба обсягу як первинного так і вторинного регулювання. З даних, які надає ДП "НЕК "Укренерго" енергосистема України зможе без обмеження атомної генерації прийняти лише 3 ГВт ВЕС та СЕС. Тому питання більш точного прогнозування графіка генерації з СЕС та ВЕС зможе дозволити зменшити потребу в обсягу балансуючої потужності та забезпечить надійність енергосистеми України в період коливань змінної генерації ВЕС та СЕС [27].

Відповідно до постанови НКРЕКП № 641 від 26.04.2019 Про Порядок купівлі електричної енергії за "зеленим" тарифом [28]. Виробники електричної енергії за "зеленим тарифом" за день до торгового дня, до 9.00 ранку повинні надати гарантованому покупцю погодинні добові графіки відпуску електричної енергії (ЕЕ) та доступну потужність генеруючих одиниць з розбивкою по технологіях тарифах/видах генерації /за видом альтернативного джерела та по географічних регіонах [32].

Відповідно до [32] виробники за "зеленим" тарифом, починаючи з 15:00 дня, що передує торговому, але не пізніше ніж за 2 години 45 хвилин до розрахункового періоду надають гарантованому покупцю оновлений графік відпуску ЕЕ та доступну потужність генеруючих одиниць з розбивкою по технологіях тарифах/видах генерації /за видом альтернативного джерела та по географічних регіонах для кожного розрахункового періоду торгового дня».

Прогнозні обсяги відпуску ЕЕ, що подаються гарантованому покупцю виробником за "зеленим" тарифом, мають відповідати фізичним можливостям обладнання що генерує. У випадку наявності невідповідності даних прогнозні обсяги не будуть враховуватись гарантованим покупцем при поданні заявок на

ринок ЕЕ, а у разі ненадання виробником за "зеленим" тарифом прогнозованих обсягів їх визначають як нульовий відпуск [29].

При здійсненні прогнозування відпуску електричної енергії СЕС повинні враховуватись такі фактори [32]:

- історичні дані щодо потужності та відпуску ЕЕ генеруючими одиницями виробників та погодинних умов сонячного випромінювання, а також статистичні дані, отримані в результаті обробки ;

- прогнозне сонячне випромінювання в розрізі географічних регіонів;
- доступну потужність генеруючих одиниць за "зеленим" тарифом;
- обсяг відпуску ЕЕ виробником за "зеленим" тарифом, прогнозований для визначення обсягів продажу на ринку на добу наперед (РДН) та обсягів продажу на внутрішньодобовий ринок (ВДР).

Гарантований покупець ЕЕ в свою чергу в процесі прогнозування повинен забезпечувати:

- моніторинг якості прогнозів СЕС, обсягів відпуску ними ЕЕ, та якості власних прогнозів;
- удосконалення алгоритмів статистичної обробки наявних історичних даних щодо потужності та відпуску ЕЕ генеруючими одиницями СЕС;
- удосконалення власних алгоритмів прогнозування відпуску ЕЕ СЕС з метою мінімізації обсягів небалансів гарантованого покупця;
- вдосконалення алгоритмів прогнозування виробниками за «зеленим» тарифом свого відпуску ЕЕ з метою підвищення точності їх прогнозів;
- максимізацію повноти та точності даних щодо прогнозних погодних умов.

Допустиме відхилення фактичних погодинних обсягів відпуску ЕЕ від погодинного відпуску ЕЕ та частки відшкодування гарантованому покупцю СЕС вартості врегулювання небалансу визначається відповідно до закону України "Про ринок електроенергії" [30,32].

До 31 грудня 2029 року відшкодування суб'єктом господарювання, який виробляє електричну енергію на об'єктах електроенергетики, що

використовують енергію сонячного випромінювання, та входить до складу балансуєної групи гарантованого покупця, вартості свого небалансу гарантованому покупцю здійснюється у разі відхилення фактичних погодинних обсягів відпуску електричної енергії такого суб'єкта господарювання від його погодинного графіка відпуску електричної енергії більш як на 10% [32].

Частка відшкодування гарантованому покупцю суб'єктами господарювання, які входять до складу балансуєної групи гарантованого покупця та здійснюють продаж електричної енергії, виробленої з альтернативних джерел енергії, за "зеленим" тарифом або аукціонною ціною, вартості врегулювання небалансу гарантованого покупця становить: до 31.12.2020 р. – 0%, з 1.01.2021 р. – 10%, з 1.01.2022 р. – 20%, з 1.01.2023 р. – 30%, з 1.01.2024 р. – 40%, з 1.01.2025 р. – 50%, з 1.01.2026 р. – 60%, з 1.01.2027 р. – 70%, з 1.01.2028 р. – 80%, з 1.01.2029 р. – 90%, з 1.01.2030 р. – 100% [14,32].

СЕС повинні використовувати програми для прогнозування виробництва електричної енергії (ЕЕ), які дозволить виробникам покращити початкові прогнози до значень 15%-20% похибки, а уточнюючі прогнози до 7%-10%.

Оскільки прогнозний графік на добу наперед (рис. 1.4) подається до 9 години дня, що передуює торговому дню, а уточнюючий прогноз подається починаючи з 15 години дня, що передуює торговому, але не пізніше ніж за 2 години 45 хвилин до розрахункового періоду, то уточнюючий графік має більшу точність [31,32].

Існують два основних методи прогнозування сонячної активності, які використовуються для короткострокових (до 6 годин) прогнозів та прогнозування генерації СЕС на термін менше доби. Метод total sky imagery використовується для прогнозування генерації ЕЕ СЕС в режимі реального часу. Цей метод дозволяє достатньо точно прогнозувати вироблення ЕЕ на 10-30 хвилин наперед. Метод аналізу стану хмар за допомогою знімків отриманих за допомогою космічних супутників дозволяє давати досить точні прогнози до 6 годин за рахунок покриття значної території [32].

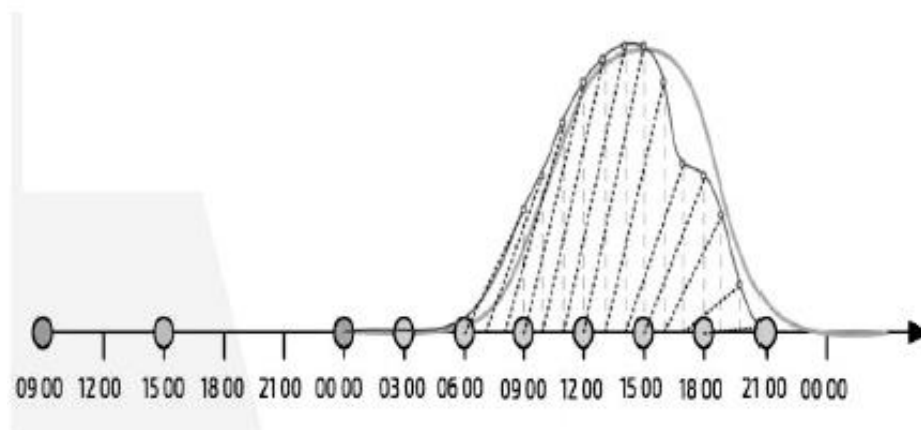


Рисунок 1.4 – Прогнозний графік генерації ЕЕ на добу

Більшість прогнозів метеорологічної ситуації на відрізки часу більше 1 доби засновані на використанні чисельних прогнозів погоди (Numerical weather prediction - NWP). Сучасна модель NWP - це набір сучасних комп'ютерних програм, в яких за допомогою математичних і фізичних алгоритмів/рівнянь описані процеси, що відбуваються в атмосфері і характер їх змін з часом. Вихідні дані для розрахунків чисельних прогнозів погоди беруться з результатів і аналізу метеорологічних спостережень.

Модельна статистика результатів (Model Output Statistics) дозволяє усунути систематичні помилки в прогнозах. Крім того, за рахунок використання MOS для конкретної СЕС можна з більшою ймовірністю прогнозувати бінарні події - сильні грози або ймовірність опадів.

Дієвий програмний комплекс по прогнозуванню обсягів виробництва електричної енергії СЕС необхідно розробляти з використанням технологій Smart Grid. Дуже важливо врахувати всі початкові дані за допомогою яких, програмний комплекс розрахує та створить готовий прогноз для гарантованого покупця [32].

Такими даними згідно [32] є:

- статистичні дані по генерації та архів метеорологічних спостережень, накопичені за певний період часу. Чим більший період накопичення - тим точніший початковий прогноз;
- отримання декількох точних прогнозів у провідних світових метеорологічних служб;
- дані моніторингу технічного стану обладнання СЕС, рівень забруднення панелей та збільшення генерація ЕЕ після опадів, наявність запланованих відключень від мережі оператора системи розподілу;
- темп зменшення потужності СЕС за рахунок старіння обладнання;
- статистична інформація про періоди вимушеного простою СЕС з причин аварії/відмови обладнання;
- дані метеостанції встановленої безпосередньо на майданчику сонячної електростанції з можливістю віддаленого моніторингу та спостереження зі зберіганням статистики.

Використовуючи впродовж декількох років програмний комплекс дасть змогу накопичити статистику та навчитись формувати початковий прогноз для гарантованого покупця. Уточнюючі прогнози надаватимуться оператором систем після перевірки результатів.

Більше того, завдяки регулярному моніторингу технічного стану СЕС навчить персонал ретельніше виконувати роботу по перевірці дієздатності обладнання та елементів сонячної станції, зокрема очищення від бруду та пилу.

Гарантований покупець, отримуючи відносно точні прогнози, здійснює власне прогнозування обсягів відпуску генеруючими одиницями за "зеленим" тарифом. Подвійний контроль прогнозування дозволить підтримувати енергетичну систему у збалансованому стані [32].

1.4 Аналіз нормативно-правового забезпечення ринку електроенергетики України

На виконання Закону «Про ринок електричної енергії» [30] в Україні з 01 липня 2019 року функціонує новий ринок електричної енергії. Визначена

Законом ринкова модель відповідає загальноприйнятій європейській моделі та вимогам третього енергетичного пакету. У цьому випадку в національних ринках електроенергії європейських країн практикують додаткове використання різних механізмів стимулювання або підтримки учасників ринку в межах реалізації окремих загальнодержавних програм.

Так, у 2009 році Україна взяла на себе гарантовані законодавчо зобов'язання до 2030 року купувати за «зеленим» тарифом всю електроенергію [33], відпущену станціями з відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). До основних складових цих зобов'язань відносяться: купівля відпущеної ВДЕ електроенергії за фіксованим «зеленим» тарифом; купівля електричної енергії єдиним державним підприємством; стовідсоткові та своєчасні розрахунки за викуплену електроенергію.

Таким чином, у нову ринкову модель закладено функції принципово нового учасника ринку електроенергії – Гарантованого покупця (ГП). Цей учасник має купувати за «зеленим» тарифом всю електроенергію з ВДЕ у повному обсязі та реалізовувати передбачені Законом механізми компенсації такого тарифу.

Сучасна модель ринку передбачає обов'язковість функціонування сегменту балансуючого ринку (БР), де узгоджуються небаланси, що виникли між заявленими та фактичними обсягами виробництва/споживання електроенергії у формі купівлі/продажу відповідних обсягів небалансів. Таким чином, ГП бере участь у сесіях БР як сторона, відповідальна за баланс для виробників з ВДЕ. Сумарний небаланс ВДЕ розраховується як сальдоване значення всіх фактичних відхилень від прогнозного графіку кожного виробника ВДЕ, що входить до цієї балансуєної групи. Учасники балансуєної групи, у свою чергу, мають компенсувати ГП витрати на врегулювання небалансів [34].

Наразі виробники з ВДЕ не несуть відповідальність за створювані ними небаланси, оскільки Законом визначено перехідний період на поступове впровадження такої відповідальності.

Так для станцій з ВДЕ, введених у дію до 11.06.2017 р., відповідальність за небаланси вводиться після 2030 року. Інші виробники починають компенсувати свої небаланси з 2021 року з перехідним періодом до 2030 року. У цей період частка небалансів, що підлягає компенсації, щорічно збільшується на 10% від загального обсягу небалансу [34].

Передбачено також граничні обсяги допустимих відхилень від заявленого графіку, які враховують принципову можливість прогнозу обсягів відпуску електроенергії для ВДЕ різних типів. Так, до 31 грудня 2029 року компенсація вартості небалансів здійснювалася за умови похибки прогнозу для ВЕС більше 20%, СЕС – більше 10% та малих ГЕС – більше 5%. За умови досягнення виробниками з ВДЕ частки 5% і більше у річному балансі виробництва електричної енергії значення допустимих відхилень знижуються до 10% для ВЕС та 5% – для СЕС.

Згідно діючого порядку, обсяг відшкодування виробником за «зеленим» тарифом ГП частки вартості врегулювання небалансу у розрахунковий період розраховується пропорційним розподілом витрат на покриття небалансів між учасниками балансуючої групи ГП. У цьому випадку відшкодуванню вартості небалансів підлягають лише відхилення від прогнозу, які збігаються за знаком із загальним відхиленням всієї балансуючої групи. В той же час відповідальність за небаланс інших учасників ринку розраховується для кожного учасника ринку окремо [34].

Виконані дослідження показали, що для ОЕС України характерна нерівномірність розподілу встановленої потужності ВДЕ, зокрема більше 1500 МВт встановленої потужності (29% від загальної встановленої потужності) припадає на 20 станцій (3,6% від загальної кількості електростанцій).

За таких умов у великих виробників з ВДЕ з'являється стимул та можливості до маніпулювання значеннями прогнозованого відпуску електроенергії, що призводитиме до спотворення механізмів розподілу відповідальності за неточне прогнозування та ускладнюватиме розвиток такої генерації.

Тому діючі механізми розподілу відповідальності за небаланси між учасниками ринку електроенергії України потребують удосконалення з метою усунення цього та інших недоліків, що посилює актуальність проблеми оцінки комплексного впливу на ринкову вартість електроенергії окремих типів ВДЕ та окремих виробників «зеленої» електроенергії [34].

Висновки до розділу

В даному розділі проведено аналіз нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні та в країнах Європи. Наразі все більше країн світу ставлять собі за мету використання відновлюваних джерел енергії в енергетичному секторі.

Закон «Про ринок електричної енергії» №2019-VIII від 13 квітня 2017 року визначив вимоги Третього енергетичного пакету ЄС і установив термін переходу до конкурентного ринку - 1 липня 2019 року. Згідно з яким будуть відкриті ринки двосторонніх договорів, на добу вперед, внутрішньодобові, балансуючий і допоміжних послуг.

Стрімкі темпи інтеграції ВДЕ в ОЕС обумовлені розвитком технологій що призвели до зменшення вартості устаткування та надали потужний старт стрімкому будівництву об'єктів поновлювальної енергетики.

Лібералізація ринку дає можливість всім учасникам вільно купувати і продавати електроенергію, а найголовніше - споживачі отримують свободу вибору постачальника і можливість безпосередньо взаємодії діяти з виробниками.

2 ВИВЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПРОБЛЕМ ФУНКЦІОНУВАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ТА СПОСОБИ ЇХ ВИРІШЕННЯ

2.1 Загальні положення

Відновлювана енергетика як і раніше демонструє високі темпи зростання і за кілька десятиліть досягла вражаючих успіхів, кардинально змінивши світовий енергетичний баланс. А однією з найперспективніших і динамічних відновлюваних джерел енергії стала сонячна енергетика. Щороку приріст потужностей, які вводяться в експлуатацію, становить приблизно 40-50%. Усього за останні п'ятнадцять років частка сонячної енергії в світовій енергетиці перевищила позначку в 5%. Розглянемо основні типи сонячних електростанцій і їх можливості.

Динаміка розвитку сонячної електроенергетики є найбільшою серед ВДЕ в Україні. За виключенням втрат сонячних електростанцій внаслідок анексії Криму (408 МВт) в Україні існує тенденція до щорічного зростання потужностей СЕС. У 2019 році встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилась на 23% [35].

Мережеві СЕС

Найпростіша схема мережевий сонячної електростанції (і найпростішої СЕС) представлена на рис.2.1

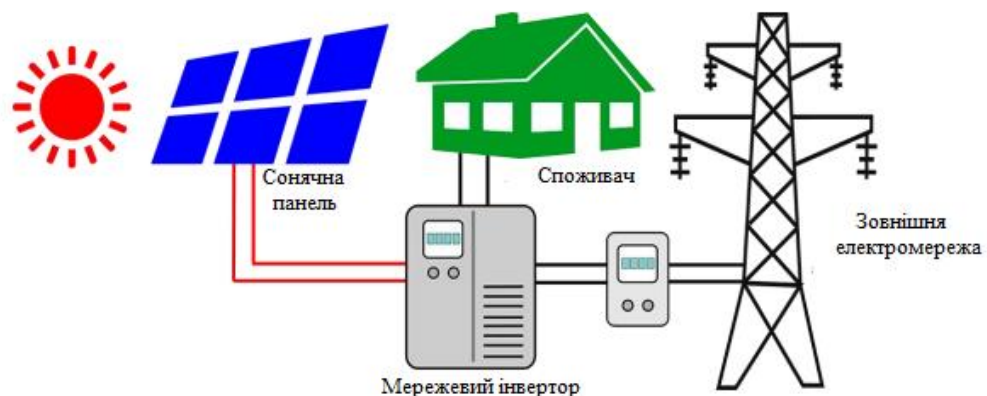


Рисунок 2.1 - Схема мережевої СЕС

Для нормальної її роботи необхідно підключення до зовнішньої електромережі. Наявність і якість зовнішньої електромережі (крім сонця) має критичне значення для роботи СЕС. При її відсутності, або невідповідності нормам, така СЕС стає марною навіть в сонячну і безхмарну погоду. Ця залежність від центрального електропостачання є головним недоліком таких СЕС.

До переваг слід віднести відносну, але істотну дешевизну СЕС і більш високий загальний ККД системи (90-95%) у порівнянні з іншими типами СЕС. Ці дві якості роблять цей тип СЕС безсумнівно більш привабливим для вироблення електроенергії і для її продажу.

Гібридні СЕС (автономні, з'єднані з мережею)

Гібридна СЕС являє собою базову схему мережевої СЕС з встановленням акумуляторних батарей (АКБ), контролера заряду і заміною мережевого інвертора на гібридний. Відмінною особливістю є можливість запасати частину виробленої в сонячний період електроенергії в АКБ (рис.2.2).



Рисунок 2.2 - Схема автономної, з'єднаної з мережею (гібридної) СЕС.

Завдяки наявності АКБ даних тип СЕС є менше залежним від джерела центрального електропостачання. Такі СЕС застосовують переважно як частина системи безперебійного живлення там, де центральне електропостачання недостатнє або нестабільне.

Автономні СЕС

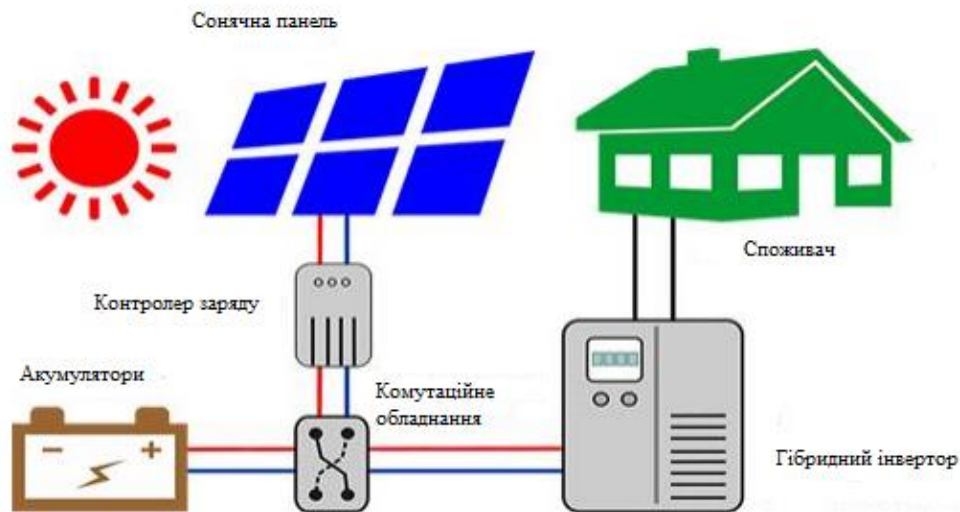


Рисунок 2.3 - Схема автономної, що не з'єднаної з мережею (автономної) СЕС

Автономна фотоелектростанція (рис.2.3) як правило містить акумуляторні батареї і контролер заряду. При необхідності електропостачання споживачів, які потребують стандартної напруги 220/380 В змінного струму, до складу фотоелектростанції необхідно включити інвертор.

Єдиний недолік такої фотоелектростанції - втрата енергії при малих навантаженнях.

Також можна використовувати модульні інвертори

У такій конфігурації середня номінальна потужність зазвичай досягає рівня 10 кВт. Також можливі наступні варіації:

- Кожна панель обслуговується невеликим інтегрованим інвертором, забезпечуючи сотні Вт потужності;
- Окремі DC/DC-перетворювачі використовуються в кожній секції фотогальванічних елементів, виходи DC/DC-перетворювачів підключаються паралельно до одного DC/AC-інвертору. Ця топологія є найефективнішою, номінальна потужність досягає 100 кВт. Основна функція інвертора полягає в перетворенні постійних струмів від фотогальванічних панелей або батареї з

різним рівнем напруги в змінний струм з певним рівнем напруги і частотою для живлення пристроїв або передачі в енергетичну систему.

Частота і напруга залежить від регіону, в Європі це 50 Гц і 220 В, в США - 60 Гц і 110 В. В залежності від додатка виникають вимоги до фази, таким чином, інвертори бувають одно-, дво- і трифазні. DC/DC-перетворювач підвищує або знижує рівень вхідної напруги, підлаштовує свій вихід для отримання максимальної ефективності на етапі DC / AC-перетворення;

- Конденсатор виконує функцію буферизації напруги;
- MOSFETи в складі моста переключаються з частотою близько 20 кГц для перетворення постійного струму в змінний;
- Індуктивності «згладжують» сигнал після ключів для отримання синусоїди.

У деяких випадках рівень напруги на вході DC/AC-перетворювача повинен бути вище, ніж на виході DC/DC-перетворювача. Для цього використовується трансформатор індуктивності. Незважаючи на те, що трансформатор збільшує вагу, габарити і вартість пристрою, а також зменшує ККД в середньому на 2%, він збільшує захист пристрою і безпеку користувача, здійснюючи гальванічну розв'язку між DC і AC-частинами схеми. Цю ж функцію може виконувати DC/AC-перетворювач з нульовою напругою перемикання (еквівалент трансформатора).

Дослідження функціонуючих типів СЕС

Виходячи з особливостей і різноманітності ландшафту нашої планети існує декілька типів СЕС, представлених на рис. 2.4

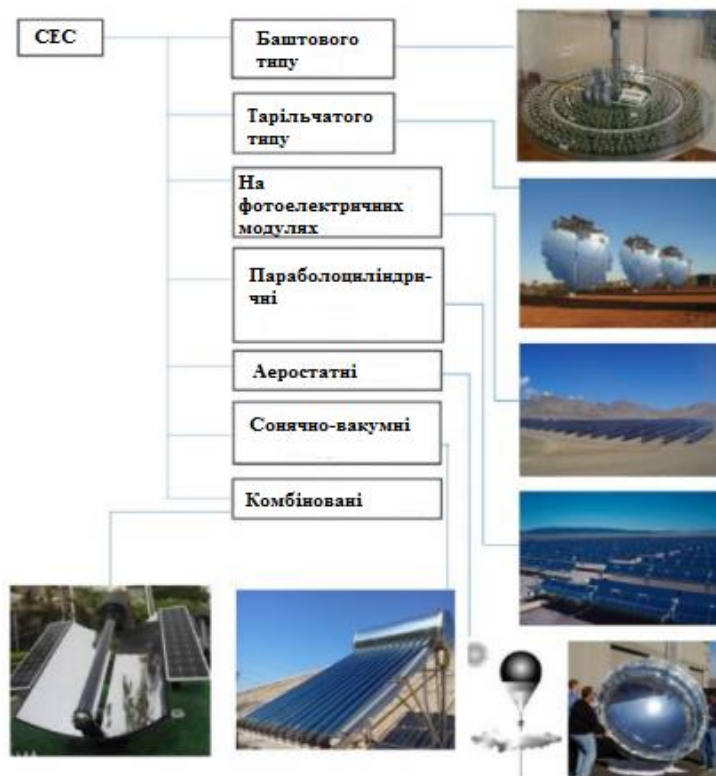


Рисунок 2.4 - Типи сонячних електростанцій

Сонячні електростанції баштового типу

Основу даної будови становить безпосередньо вежа висотою 18-24 м і, розташовані навколо неї, геліостати (рис. 2.5). Геліостат – це спеціалізоване дзеркало великої площі (до декількох квадратних метрів), що прикріплюється до опори і підключається до загальної комп'ютеризованої системи. На верху вежі розміщується резервуар з водою для поглинання теплового випромінювання, а всередині вежі - насос для передачі виробленої пари на турбогенератори. Залежно від положення сонця, система позиціонування повертає всі геліостати таким чином, щоб відображаються сонячні промені сконцентровано прямували на резервуар з водою. Коефіцієнт корисної дії досягає 20%.



Рисунок 2.5 – СЕС баштового типу

Сонячні електростанції тарільчатого типу

Принцип роботи СЕС тарільчатого типу близька до баштового. Основна відмінність - конструкція станції, яка складається з різних модулів, розташованих на опорах. На стрижневий системі кожного модуля в центрі концентрації сонячного світла кріпиться конструкція приймача і відбивач, що складається з дзеркал розміщуються радіально і утворюють тарільчасту форму. Приймачем сонячної енергії може служити резервуар з водою, ємність з маслом або двигун Стірлінга. ККД становить 34%. На рис.2.6 представлена схема роботи СЕС тарільчатого типу.

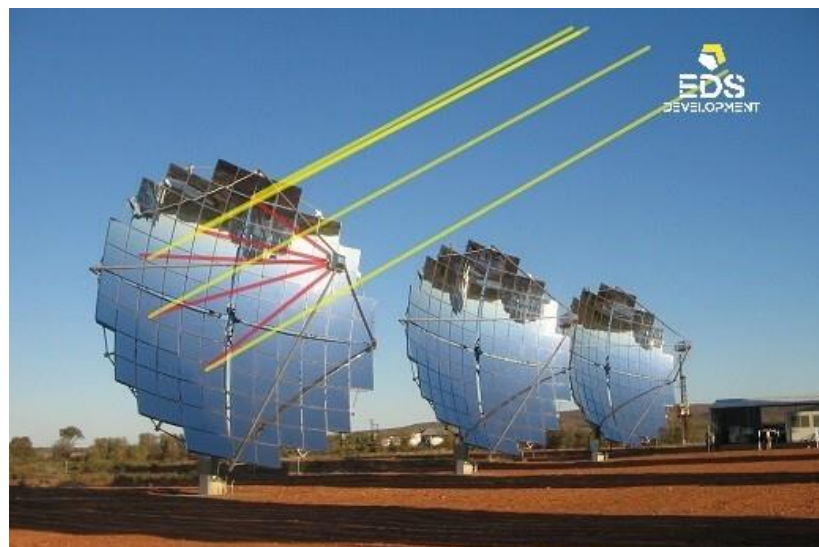


Рисунок 2.6 – СЕС тарільчатого типу

Сонячні електростанції, що використовують фотоелектричні модулі

Даний тип СЕС є самим популярним на сьогоднішній день і відомий скоріше як «сонячна батарея». Принцип роботи відрізняється від попередніх типів: енергія фотонів сонячного світла перетворюється в електричний струм. Для підвищення коефіцієнта корисної дії замість кремнію застосовується арсенід галію і фокусують лінзи. Таким чином ККД сонячних панелей досягає 46%. В таблиці 2.1 наведено залежність ККД від типу фотоперетворювача.

Таблиця 2.1 - Залежність ККД від типу фотоперетворювача

Тип фотоперетворювача	ККД, %
Полікристалічний кремній	8-10 %
Монокристалічний кремній	12-18 %
Арсенід галію	25-46 %

Місця установки сонячних панелей найрізноманітніші, починаючи від дахів будівель (рис.2.7) до спеціально відведених територій.



Рисунок 2.7 – СЕС з використанням фотоелектричних модулів

Аеростатні сонячні електростанції

Джерело енергії - балон аеростата, що заповнюється водяною парою. Зовнішня оболонка балона поглинає і пропускає сонячні промені, а внутрішня покривається селективним покриттям. Завдяки цій технології водяний пар

всередині балона підтримує температуру до 150-180 °С. Пар, що накопичується за день, дозволяє працювати електростанції аеростатного типу цілодобово. Аеростатний балон розташовується на висоті 20 км. Одне з достоїнств аеростатних СЕС - це можливість їх розташування як над землею, як і над морем або в горах, проте таке розміщення може перешкодити руху літаків.

Сонячно-вакуумні електростанції

Найбільш екологічно чистий тип геліоелектростанцій. Для роботи використовується енергія повітряного потоку, що виникає при перепаді температур. На навколотемному шарі встановлюється закрита оранжерея з прозорого скла. У центрі розташовується висока вежа, всередині якої розміщується турбіна з електрогенератором. Повітря всередині оранжереї, що нагрівається сонцем, спрямовується через трубу вгору і обертає турбіну. Працездатність сонячно-вакуумної СЕС цілодобова. На рис.2.8 зображена 3D модель сонячно-вакуумної електростанції.



Рисунок 2.8 – Сонячно-вакуумна електростанція

2.2 Технологія виготовлення і принцип роботи сонячних елементів

Розглянемо більш детально сонячні електростанції, що використовують фотоелектричні модулі.

Перш ніж заглиблюватися у вивчення конструкції сонячних панелей і принципу їх дії, необхідно розглянути основний принцип, що лежить в основі роботи модулів, а саме явище фотоефекту. У 1900 році німецьким фізиком та науковцем — М. Планком було представлено наступну гіпотезу: світло випромінюється та поглинається окремими порціями - квантами (або фотонами). Енергію кожного фотона можна визначити за формулою $E = h\nu$, де h — постійна Планка, яка дорівнює $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с, ν — частота світла. Гіпотеза Планка досліджує явище фотоефекту, відкритого ще в 1887 році вченим з Німеччини Г. Герцем, а також експериментальний дослід російського вченого А.Столетова. Його досвід представлений на рис. 2.9

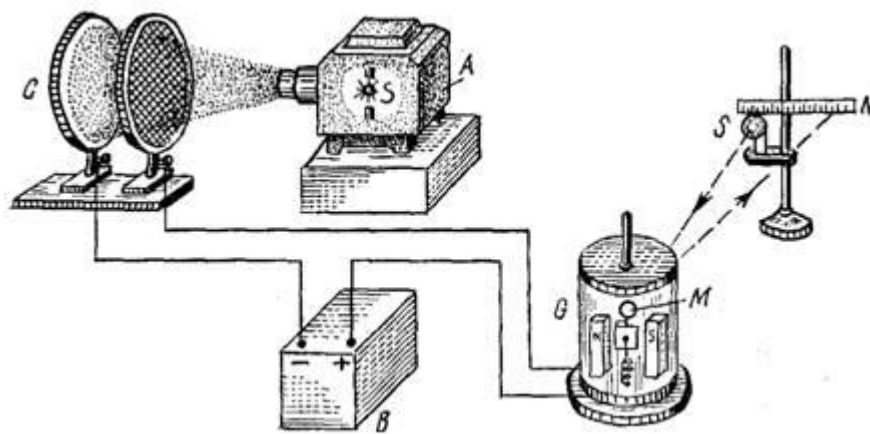


Рисунок 2.9 – Дослід Столетова

Таким чином, фотоефект або фотоелектричний ефект — це випуск електронів речовиною за допомогою дії світла, або іншого електромагнітного випромінювання.

Теорію фотоефекту створив і пояснив А.Ейнштейн, в 1905 році. В основі теорії Ейнштейна лежить поняття роботи виходу електронів з металу і поняття про квантовий випромінюванні світла. За теорії, фотоефект має таке пояснення: поглинаючи квант світла, електрон набуває енергії. При вильоті з металу енергія кожного електрона зменшується на певну величину, яку називають роботою виходу ($A_{\text{вих}}$). Робота виходу - це робота, яку необхідно затратити,

щоб видалити електрон з металу. Тому максимальна кінетична енергія електронів після вильоту (якщо немає інших втрат) дорівнює:

$$\frac{mv^2}{2} = hv - A_{\text{вих}},$$

і відповідно

$$hv = A + mv^2/2.$$

Це рівняння називається рівняння Ейнштейна.

Фотоефект лежить в основі в безлічі приладів, включаючи сонячні панелі. Такі пристрої називають фотоелементами, найпростіший з них - вакуумний фотоелемент. Він застосовується для вимірювання яскравості і освітленості, для відтворення звуку, управління різними процесами на виробництві, а також в фототелеграфі і фототелефоні. Однак у нього безліч недоліків: слабо протікає струм, мала чутливість до довгохвильовому випромінювання, неможливість використовувати в ланцюгах змінного струму, складність у виготовленні.

Якщо приділяти увагу безпосередньо сонячним панелям, то в них використовується напівпровідники. Сучасні провідники складаються з кремнію, який набув значного поширення в навколишньому світі. Однак найбільш популярне з'єднання кремнію - його оксид SiO_2 , який відомий як річковий пісок. Однак виділення кремнію з даного з'єднання – досить складний і витратний процес, за собівартістю можна порівняти, наприклад, з видобутком урану, який використовується в якості палива для електростанцій. І все ж кремнію на нашій планеті набагато більше, що є безперечною перевагою.

Варто також врахувати, що в чистому вигляді кремній абсолютно не проводить струм - його структура кристалічна, у нього чотири валентних електрони, зв'язують атоми між собою. Отже, у атома немає вільних електронів, і для проходження струму в вихідна речовина вводяться домішки. Такий процес називається легуванням. Таке питання вимагає більш детального розгляду.

2.2.1 Застосування кремнію для виготовлення сонячних елементів

Джерелом енергії сонячного випромінювання служить термоядерна реакція на Сонці. Більша частина даної енергії випускається у вигляді електромагнітного випромінювання, яке знаходиться в діапазоні 0,2-3 мкм. Сонячною радіацією називають інтенсивність сонячного випромінювання у вільному просторі, ця величина рівна середній відстані між Сонцем та Землею, та дорівнює 1367 Вт/м^2 .

При проходженні через атмосферу сонячне світло послаблюється, в основному через поглинання інфрачервоного випромінювання парами води, ультрафіолетового випромінювання - озоном і розсіювання випромінювання молекулами газів, частинками пилу, що знаходяться в повітрі, і аерозолями. Максимальний потік сонячного випромінювання на рівні моря - 1020 Вт/м^2 .

Для перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію використовуються сонячні панелі. Панель перетворювача складається з двох тонких пластин з чистого кремнію, складених разом. На одну пластину наносять бор, а на другу фосфор. У шарах, покритих фосфором, виникають вільні електрони, а в покритих бором - відсутні електрони. Під впливом сонячного світла електрони починають рух частинок, і між ними виникає електричний струм. Найчастіше кремній легують, використовуючи процес високотемпературної дифузії. В результаті на кордоні між областями в глибині напівпровідника, легованими різними домішками, утворюється надтонка область розділу, названа p-n-переходом. Саме всередині цієї області відбувається перетворення світла в електроенергію.

Щоб зняти струм з пластин їх пропаюють тонкими смужками спеціально обробленої міді. Відповідно, більше енергії вироблятиме панель з більшою площею. Пластини спаюють, ламінують плівкою і кріплять на скло. В алюмінієву раму укладають скріплені шари. Коефіцієнт корисної дії панелей перетворювача залежить від декількох факторів і для традиційних сонячних панелей не перевищує 25%, хоча зараз, використовуючи систему, що стежить, можна досягти показника і в 40-50%. Ця система влаштована так, щоб панель поверталася в сторону сонця. Також ККД залежить від матеріалу модулів.

Пластини виготовляють з монокристалічного, полікристалічного і аморфного кремнію і плівок. Найпоширеніші і популярні на сьогодні (завдяки доступній вартості) тонкоплівкові панелі. Вони зроблені з тих же матеріалів, є більш легкими, правда, програють по продуктивності. Максимальний ККД дорівнює 25% .

2.2.2 Порівняння монокристалічних і полікристалічних сонячних модулів

Сонячні модулі - це головний елемент в побудові фотоелектричних установок. Сонячним модулем є панель з різних видів кремнію, ламінована плівкою, яка конвертують сонячне випромінювання в електричну енергію.

Сонячні модулі можна виготовити, маючи будь-яку вихідну напругу. Електрична особливість сонячних модулів полягає в тому, що у них завжди стабільна напруга, незалежно від сонячної активності, при цьому змінюється тільки сила струму.

В даний час з усіх типів сонячних панелей, найбільшого поширення отримали: монокристалічні і полікристалічні, останні з яких часто також називають «Мультикристалічними сонячними панелями».

Межі між кристалами в полікристалічному осередку (границі зерен) можуть перешкоджати потоку електроенергії, тому монокристалічні осередки (що не мають кордонів зерен) завжди мали вищу ефективність. Однак в останні роки полікристалічні осередки закривають цей проміжок, і точка вже майже досягнута, де додаткова активна площа поверхні від квадратної форми осередки в полікристалічній панелі компенсує менший коефіцієнт корисної дії в самій комірці.

Розглянемо виробника JA Solar так як, це одна з ведучих компаній, яка займається дослідженнями у сфері відновлюваної енергетики і розробляє високопродуктивні сонячні батареї для дому і промислового використання. Тепер поговоримо про технічний порівнянні цих типів сонячних панелей, для цього звернемося до таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Асортимент продукції та їх параметри від одного виробника

	Model	Cellshape All Cell 156x156mm	Power range		Panel Efficiency %	Power Temp coeff. % / C
			Min Wp	Max Wp		
Mono	JAM6L	Almost square	275	295	17.0 - 18.0 -	- 0.400
	JAM6R	Square	260	280	15.9 - 17.1	- 0.410
	JAM6 / 60	Rounded corner	250	270	15.3 - 16.5	- 0.410
	JAM6 BK	Rounded corner	245	265	15.0 - 16.2	- 0.410
Poly	JAP6MULTI	Square	260	280	15.9 - 17.1	- 0.420
	JAP6 / 60	Square	245	265	15.0 - 16.2	- 0.430
	JAP 6 BK	Square	240	260	14.7 - 15.9	- 0.430

Дана таблиця показує асортимент продукції і їх технічні показники від одного з найбільших світових виробників. Потужність вказана в ват - піку (Вт), вихідна потужність при стандартних умовах випробувань.

Якщо порівняти стандартні моно та полі продукти (моделі 6/60), можна побачити діапазон пікової вихідної потужності від 250 до 270 Вт для монопанелі і від 245 до 265 Вт для полі - панелі. Різниця в 5 Вт, або на 2% менше, ніж у полікристалічного.

Також ще одним важливим параметром сонячних модулів є тепловий коефіцієнт потужності.

Якщо подивитися на лист даних виробника, то можна побачити термін «температурний коефіцієнт». Наприклад, температурний коефіцієнт сонячної панелі 260 Вт (монокристалічна) становить - 0,41%. Це означає, що для кожного ступеня вище 25°C максимальна потужність панелі зменшується на 0,41%.

Тому в жаркий день літа, коли температура сонячної панелі на даху може досягати 45 °C або близько того, кількість електроенергії буде на 10% нижче.

І навпаки, в сонячний день навесні, восени або навіть взимку - коли температура нижче 25°C - кількість виробленої електроенергії фактично збільшиться вище максимального номінального рівня. Однак в місцях, розташованих ближче до екватора, проблеми втрати тепла можуть стати істотними протягом всього року і вимагають розгляду альтернатив.

Існуючі сонячні батареї

При виборі сонячних панелей слід керуватися декількома критеріями. Основним є номінальна потужність панелей, при цьому варто враховувати, що вартість панелей прямо пропорційна потужності. Також важливі тип панелей, габарити, ККД.

Виробляються модулі 4 основних типів:

- модулі в алюмінієвій рамці і покриті склом;
- безрамкові ламіновані фотоелектричні модулі (полегшені) без скла і клемної коробки;
- двосторонні модулі;
- гнучкі монокристалічні модулі.

Виробники забезпечує всі модулі гарантією від механічних пошкоджень протягом 1-5 років. Також, на модулі в металевій рамці і покриті склом дається гарантія виробника від 10 до 20 років на вироблення мінімум 90% від номінальної потужності. В даний час пропонуються модулі в алюмінієвій рамці і з скляним покриттям потужністю від 10 до 230 Вт. Є також полегшені модулі на склотекстоліті потужністю 5-6 Вт, 12-15 Вт і 22-24 Вт. Напруга модулів 6, 12 або 24 В. Гнучкі модулі мають потужність від 15 до 105 Вт і напруга 12 В. Інші типи модулів виробляються під замовлення.

Оскільки безрамкові, двосторонні і гнучкі модулі мають збільшену вартість в порівнянні з модулями в алюмінієвій рамці за рахунок додаткових функцій і можливостей, застосування яких в даному проекті недоцільно і необгрунтовано, слід зупинити вибір на першому типі сонячних панелей.

Сонячні фотоелектричні модулі в алюмінієвій рамці

Модулі даного типу виконані у вигляді панелі, укладеної в каркас з алюмінієвого профілю, і мають лицьову поверхню зі спеціального загартованого скла (виняток становлять лише модулі малої потужності до 30 Вт), що забезпечує найкращі показники по пропускання світла і захист від зовнішніх впливів. До внутрішньої сторони корпусу модуля прикріплений блок терміналів, під кришкою якого розміщені електричні контакти, призначені для підключення модуля.

При використанні спеціального скла мінімізуються втрати в склі, які становлять близько 15% при використанні звичайного скла. При цьому потужність модулів однакового розміру відрізняється приблизно на 15-20%. Ціна модулів з загартованим склом трохи вище за рахунок більш дорогого скла.

Ресурс каркасних сонячних модулів становить понад 30 років. Гарантійний термін у різних виробників різний - від 1 року до 5 років на механічні пошкодження і 10 - 20 років на те, що потужність модуля не знизиться за цей час більш, ніж на 10%.

Інші фотоелектричні модулі

Двосторонні модулі можуть бути використані в будь-якій фотоелектричній установці. Щоб отримати істотну добавку до вироблення, потрібно висвітлювати відбитим світлом тильну поверхню модуля. Такі модулі забезпечують істотне зниження вартості пікового вата потужності фотоелектричної установки. За рахунок використання модулів з двостороннім чутливістю при висвітленні тильної сторони відбитим світлом можна отримати приблизно на 15-20% більше енергії із заданою площею модуля. Це веде до меншої матеріаломісткості як фотоелектричної батареї, так і меншої вартості системи в цілому. При звичайній установці на даху, можна отримати надбавку до 5% (на світлій даху).

Гнучкі сонячні панелі ідеально підходять для установки і використання на катерах, яхтах і автомобілях. Завдяки гнучкому матеріалу сонячна батарея може бути встановлена навіть на нерівній поверхні з кутом вигину до 30 градусів. Для її кріплення не потрібно свердління отворів.

Крім цього, батарея має інші переваги: водонепроникна конструкція, відсутність деталей зі скла, невелика вага, невелика товщина панелі не створює додаткового опору вітру. Однак дані переваги безпосередньо ведуть до збільшення вартості.

2.3 Система «зеленої сертифікації» в Україні

«Зелений» тариф – спеціальний тариф, по якому держава закуповує електроенергію у фізичних осіб, згенеровану сонячними та вітровими електростанціями. Максимальна потужність приватної електростанції не повинна перевищувати 30 кВт. Можливість генерувати сонячну енергію в мережу виникла у 2014 році, коли було внесено зміни до Закону України «Про електроенергетику» та «Про ринок електричної енергії» щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії [30].

«Зелений» тариф встановлюється національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, на електричну енергію, вироблену на об'єктах електроенергетики, у тому числі на введених в експлуатацію чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексів) з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - вироблену лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) [30].

До «зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену з альтернативних джерел енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії - лише мікро-, міні- та малими гідроелектростанціями) на об'єктах електроенергетики, у тому числі на чергах будівництва електричних станцій (пускових комплексів), введених в експлуатацію з 1 липня 2015 року по 31 грудня 2024 року, національною комісією, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, встановлюється надбавка за дотримання на відповідних об'єктах визначеного рівня використання обладнання українського виробництва. Надбавка до «зеленого» тарифу за дотримання рівня

використання обладнання українського виробництва встановлюється та підлягає застосуванню на весь строк його дії. Надбавка за дотримання рівня використання обладнання українського виробництва не встановлюється до «зеленого» тарифу на електричну енергію, вироблену об'єктами електроенергетики (генеруючими установками) приватних домогосподарств [30].

Україна бере участь у міжнародному співробітництві у сфері виробництва і споживання енергії, виробленої з альтернативних джерел, відповідно до законодавства України і міжнародних договорів.

Відповідно національне законодавство в даній сфері і правові інструменти державної допомоги підприємствам ВДЕ створюються з урахуванням міжнародних зобов'язань України.

Так, в 1998 році Україна Законом від № 89/98-вр від 06 лютого 1998 року, ратифікувала «Договір до Європейської Енергетичної Хартії та Протокол до Європейської Енергетичної Хартії з питань енергетичної ефективності і суміжних екологічних аспектів», які передбачає співпрацю України і ЄС в області енергетики.

Дана співпраця, в тому числі, полягає в координації української та європейської енергетичної політики. А оскільки в рамках однієї з цілей Хартії сторони домовилися створити обстановку, сприятливу для функціонування підприємств і для припливу інвестицій і технологій, відповідно, політика України спрямована на забезпечення створення такої обстановки в країні шляхом розробки відповідних інструментів державної допомоги, в тому числі підприємствам ВДЕ, і їх закріплення в національному законодавстві.

У свою чергу, в протоколі до Європейської хартії позначені орієнтири для змісту нормативних актів при їх розробці. Наприклад, «розробляються нормативні акти повинні містити умови, що стимулюють капіталовкладення в сферу енергоефективності ».

Завдяки українсько-європейського співробітництва в сфері енергетики та європейському фінансуванню в рамках різних угод (наприклад, угода про

фінансування програми «Підтримка виконання Енергетичної стратегії України в галузі енергоефективності та відновлюваних джерел енергії») в Україні, в порівнянні з іншими країнами пострадянського простору, на сьогоднішній момент створена досить повна і ефективна на практиці система інструментів державної допомоги підприємствам ВДЕ.

У протоколі в якості однієї з пріоритетних сфер співробітництва позначена сфера спільного інвестування та створення спільних підприємств.

З цього випливає, що дана система інструментів державної допомоги створювалася з розрахунком її застосування, в тому числі, до спільних україно-європейських підприємств ВДЕ, діяльність яких в рамках вищевказаних міжнародних домовленостей підтримується державою. Дійсно, на українському ринку електроенергетики функціонує чимала частка спільних підприємств.

В Україні існують такі механізми стимулювання виробництва відновлюваної енергії: «зелений» тариф; пільги в оподаткуванні; пільговий режим приєднання до електричної мережі.

Для того, щоб скористатися заходами стимулювання та державної підтримки, в статті 9 Закону України «Про альтернативні джерела енергії» встановлено механізм підтвердження походження електричної енергії, виробленої з альтернативних джерел енергії, шляхом видачі уповноваженим державним органом підприємству ВДЕ гарантії походження електричної енергії (система «зеленої» сертифікації).

У зазначеній статті закону закріплена можливість підприємств - виробників енергії на ВДЕ підтвердити походження електроенергії, виробленої з альтернативних джерел енергії шляхом подачі відповідного запиту до Державного агентства з енергоефективності, яке за результатами розгляду такого запиту видає спеціальний підтверджуючий документ - «гарантія походження електричної енергії». Порядок видачі, використання та припинення дії гарантії визначається відповідною Постановою Кабінету Міністрів України.

Згідно п. 2 вказаного Порядку, гарантія походження електричної енергії - це електронний документ, виданий відповідно до Закону України «Про

електронні документи та електронний документообіг» на безоплатній основі за запитом виробника електричної енергії, який підтверджує, що частина або певна кількість електроенергії вироблено в Україні з альтернативних джерел енергії.

Зазначена гарантія надається виробнику електроенергії на ВДЕ для надання інформації кінцевим споживачам продукції, під час виготовлення якої була використана електроенергія, вироблена з ВДЕ, а також для статистичної інформації.

У свою чергу, гарантія може бути видана тільки для генеруючих установок, які зареєстровані у відповідному електронному реєстрі.

Реєстрація таких генеруючих установок в реєстрі здійснюється Державним агентством з енергоефективності на підставі поданої підприємством ВДЕ заявки.

Для здійснення реєстрації та внесення до відповідного реєстру на підставі заявки, яка генерує установка ВДЕ також підлягає обстеженню в місці її знаходження.

Як будь-яка державна система, українська система «зеленої сертифікації» також має деякі недоліки, які проявляються в ході її застосування на практиці.

Так, незважаючи на згадування в законі про електроенергетику документа, що підтверджує походження електроенергії з альтернативних джерел («зелених» сертифікатів), схема застосування та звернення таких сертифікатів не знайшла свого розвитку в підзаконних нормативно-правових актах і не використовується державними регуляторами.

З цього випливає, що вищевказані норми закону, що встановлюють наявність такої системи, є декларативними і не мають механізму реалізації, що закріплюється в підзаконних нормативно-правових актах. Відповідно, реалізувати на практиці дану систему «зеленої» сертифікації не представляється можливим.

Таким чином, існує необхідність в розробці на законодавчому рівні відповідного механізму правозастосування системи «зеленої» сертифікації, що знаходить своє відображення в підзаконних нормативно-правових актах.

2.4 SWOT-аналіз розвитку сонячної енергетики України

Активізація процесу впровадження сонячної енергетики в Україні потребує ретельного вивчення всіх можливостей для розвитку індустрії. Для цього систематизуємо оброблені дані та проведемо SWOT-аналіз сонячної енергетики в Україні (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - SWOT-аналіз розвитку сонячної енергетики України

	Переваги	Недоліки
Внутрішні фактори	<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - можливість створення електростанції різної потужності (модульність конструкцій); - значний потенціал генерації в існуючих географічних та кліматичних умовах 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> - нерівномірність генерації енергії в просторі та часі; - слабкий розвиток вітчизняних технологій на промисловому рівні; - необхідність створення супутньої інфраструктури (дороги, ЛЕП,
Зовнішні фактори	<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> - додаткова генерація енергії для споживчих потреб; - значне зниження забруднення навколишнього середовища; - широкі можливості для міжнародних інвестицій; - наявність необхідних умов в географічному ландшафті (степи). 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> - технічні нюанси при підключенні в загальну електромережу; - нефіксований тариф на електроенергію; - політична нестабільність; - високі кредитні ставки; - бюрократичні перешкоди.

Як показав аналіз, більшість із загроз для розвитку сонячної енергетики в Україні знаходяться в зоні відповідальності держави. При ефективному управлінні енергомережою та створенні сприятливих умов для роботи приватних СЕС, сфера сонячної енергетики має значний потенціал для досягнення планів уряду по збільшенню частки ВДЕ у енергобалансі країни.

Дефіцит енергоресурсів в Україні потребує їх раціонального використання, запровадження енергозберігаючих технологій та сприяє розвитку нетрадиційної енергетики. Загалом очевидно, що в Україні розвиток нетрадиційної енергетики гальмується через наявність кризових явищ та незадовільний стан економіки [36,37].

Висновки до розділу

Україна робить важливі кроки для розширення використання ВДЕ та альтернативних видів палива в межах своєї більш широкої стратегії щодо зниження залежності від традиційних викопних видів палива. Підраховано, що Україна має потенціал для того, щоб до 2030 року збільшити у десять раз використання відновлюваної енергії скоротити споживання природного газу на 15%.

Клімат та географічне положення України сприятливі для розвитку сонячної енергетики і будівництва сонячних електростанцій. Навіть північні області країни мають значний потенціал для розвитку даної галузі, який не поступається більшості європейських регіонів.

Сонячні модулі - це головний елемент в побудові фотоелектричних установок. Сонячним модулем є панель з різних видів кремнію, ламінована плівкою, яка конвертують сонячне випромінювання в електричну енергію.

3 ВИБІР ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ДАХОВОЇ СЕС

3.1 Моделювання сонячних електростанцій: огляд програмного забезпечення

Програмний інструмент PVWatts

Калькулятор NREL PVWatts - це веб-додаток, розроблений Національною лабораторією відновлюваних джерел енергії (NREL), яке оцінює виробництво електроенергії підключеної до мережі фотоелектричної системи на основі кількох простих входів. PVWatts поєднує низку підмоделей для прогнозування загальної продуктивності системи та включає кілька вбудованих параметрів, які приховані від користувача. Ця технічна довідка описує підмоделі, припущення щодо документів та приховані параметри, а також пояснює послідовність розрахунків, які дають остаточну оцінку продуктивності системи. Це посилання стосується істотно переробленої версії PVWatts, випущеної NREL у 2014 році

У 2014 році розробниками було істотно оновлено та модифіковано програму, таким чином оптимізувавши інтерфейс який призначений для користувача. Для прикладу, у попередній версії PVWatts реальне значення потужності розраховувалось на рівні 77% від номіналу за замовчуванням, але тепер це значення становить 14%.

У новій версії PVWatt враховуються матеріали бази Google Maps разом з даними про сонячну інсоляцію та погоду. Збільшилась точність отриманих даних за рахунок оцінки втрат через затінення у проектах.

Програмний інструмент System Advisor Model

Даний програмний інструмент є більш точним та розрахований на користувачів, які професійно займаються даним напрямком: інженерів, проєктантів, виробників обладнання. Як і більшість сучасних моделюючих систем, SAM розраховує продуктивність СЕС, використовуючи при цьому

декілька математичних комп'ютерних моделей. Також за допомогою даного продукту можна розрахувати вартість виробленої електричної енергії, враховуючи затрати на проект та експлуатаційних витрат.

System Advisor Model розроблена Департаментом США Національної лабораторії відновлюваних джерел енергії (NREL), і створена, щоб допомогти потенціалу користувачі визначають, чи відповідає програмне забезпечення їх модельним потребам.

SAM - це технологічно-економічна комп'ютерна модель, призначена для полегшення прийняття рішень людьми, які залучені до галузі відновлюваної енергетики:

- Керівники проектів та інженери
- Фінансові та політичні аналітики
- Розробники технологій
- Дослідники SAM доступні на таких платформах:
- Настільний додаток для Windows, Linux та Mac OS
- Інтерфейс програмування програм (API) із набором засобів програмування в SAM набір для розробки програмного забезпечення (SDK)
- Набір задокументованих сховищ кодів із відкритим кодом C ++

Щоб змодельовати проект відновлюваної енергетики в SAM, ви обираєте модель ефективності та фінансову інформацію модель, яка представляє проект, і присвоюєте значення вхідним змінним для надання інформації про місце розташування проекту, тип обладнання в системі, вартість встановлення та експлуатації системи, а також фінансових та стимулюючих припущень. Як тільки вас влаштує вхідна змінна значення, ви запускаєте моделювання, а потім перевіряєте результати. Типовий аналіз передбачає біг моделювання, вивчення результатів, перегляд введених даних та повторення цього процесу, поки ви не зрозумієте і мати впевненість у результатах

Програмний інструмент Helioscope

Найсучасніша розрахункова платформа, яка була створена в 2014 році. Її основною цільовою аудиторією стали менеджери, проєктанти, технічні фахівці, які використовують дану програму для продажу проєктів.

Дане проєктне забезпечення має можливість проводити розрахунок і наземних, і дахових конструкцій сонячних панелей. *Helioscope* застосовують для проєктів СЕС як для комерційних об'єктів так і житлового фонду. З 2016 року в системі можна проводити розрахунок потужністю до 100 МВт, розрахувати кошторис проєкту використовуючи оновлені комунальні тарифи.

Програма, запроваджена Folsom Lab USA для проєктування фотоелектричної системи; вона має деякі особливості PV Syst і додає функціональність дизайну AutoCAD, що дозволяє дизайнерам зробити повний дизайн з одним пакетом. Адреса місцезнаходження, конфігурація масиву, фотомодуль та інвертор, специфікація - це основні вхідні дані, необхідні HelioScore. Це програмне забезпечення дозволяє користувачеві оцінювати енергію виробництва, що враховує збитки внаслідок погоди та клімату. Затінення, проводка, ефективність компонентів, панель невідповідності та старіння можна також проаналізувати, щоб надати рекомендації щодо обладнання та масиву макет. Ці інструменти відображали річне виробництво, набір даних про погоду, коефіцієнт продуктивності та інші параметри системи для результатів моделювання. HelioScore - це веб-інструмент, тому програмне забезпечення для завантаження не існує, тому ним користуватися з будь-якого підключеного комп'ютера.

Solar Pro

Solar Pro - це надійне програмне забезпечення для проєктування PV та моделювання енергії, розроблене японською компанією Laplace Systems разом із інтегрованим 3D-CAD, вдосконаленим аналізом та анімацією 3D-затінення та точними розрахунками виробництва сонячної електроенергії. Це програмне забезпечення використовується для створення тривимірних моделей житлових, комерційних плоских дахів, наземних та одно- та двовісних трекерних систем.

Це дозволяє користувачам легко і точно візуалізувати затінення та налаштувати охоплення модулів.

Solar Pro прогнозує погодинне виробництво електроенергії з використанням наукової, стандартної для галузі математичної моделі. Розрахунки кривих виконуються на рівні модуля і враховують дані опромінення та температури, затінення та інші деталізовані фактори втрат. Індивідуальні звіти можна створювати, щоб відображати деталізовані втрати, графік IV-кривої, графік генерації електроенергії, конфігурацію строкових масивів та ефекти затінення. Модель САПР може бути надрукована в будь-якому поданні, а також розмірні макети також можуть бути створені та експортовані. Перша версія Solar Pro випущена в 1997 році, остання версія Solar Pro - 4.5.

SOLARGIS pvPlanner

У 2010 році SOLARGIS розробив програмне забезпечення для моделювання PV-системи під назвою pvPlanner. SOLARGIS pvPlanner - це онлайн-симулятор, що підтримується картою, для планування та оптимізації фотоелектричних систем використання високопродуктивних алгоритмів та кліматичних та географічних даних з високим тимчасовим та просторовим дозволом.

Ця програма призначена для пошуку ділянки та порівняння виходу енергії з різних варіантів технології PV та систем кріплення за допомогою простих та швидких моделювань. На екрані solargis користувач може шукати потрібне місце, вибрати конфігурацію фотоелектричної системи, яка включає потужність системи, тип модуля, інвертор, технічні характеристики, система кріплення, азимут та кут нахилу тощо для запуску моделювання. Ці моделі зчитують вхідні дані з 19 геостаціонарних супутників у п'яти основних положеннях, а також з атмосферних та метеорологічних моделей, що експлуатуються центрами метеорологічних даних ECMWF та NOAA. Основними результатами процесу моделювання є довгострокові щомісячні та річні значення PV вихід електроенергії (PVOUT), значення коефіцієнта

продуктивності (PR), глобальне горизонтальне опромінення (GHI), глобальне опромінення в площині або нахилі (GTI), дифузне горизонтальне опромінення (DIF), відбите опромінення (RI) і температура (TEMP). Звіти та дані у форматі PDF, CSV або XLS можна завантажити. Доступ до програми можна отримати за адресою <http://solargis.info/pvplanner/>, потрібно лише створити обліковий запис, вказавши адресу електронної пошти та встановивши пароль. Остання версія цієї програми – solargis модель v2.1.18 та випущена 26 лютого 2018 року.

F-діаграма PV

PV F-chart - це комплексна програма аналізу та проектування фотоелектричних систем, розроблена Університетом Вісконсіна, США. Програма надає середньомісячні оцінки продуктивності для кожної години доби систем комунальних інтерфейсів, автономних фотоелектричних систем, акумуляторних систем та систем без інтерфейсу чи акумуляторної батареї. Цей інструмент вимагає даних про погоду, навантаження, інвертор та конфігурацію модуля та фінансові деталі всієї системи. PV-діаграма відображає виробництво та економію енергії, продуктивність системи та фінансову життєздатність. Це програмне забезпечення працює на всіх версіях Windows. Остання версія PV-діаграми - версія 3.56W, і вона платна для студентів та академіків відповідно, версія DEMO доступна безкоштовно.

Renewable Energy Technologies Screen (RETScreen)

RETScreen Expert - це комплексна платформа програмного забезпечення для управління чистими енергіями, яка дозволяє професіоналам та особам, що приймають рішення, визначити та оцінити життєздатність потенційних проектів енергоефективності, відновлюваних джерел енергії та когенераційних проектів; а також для вимірювання та перевірки фактичних та поточних енергетичних показників будівель, фабрик та електростанцій по всьому світу. Програмне забезпечення розроблене урядом Канади у співпраці з відомими міжнародними партнерами і ним користуються понад 525 000 людей у всіх країнах світу. RETScreen також використовується як навчальний і дослідницький інструмент у понад 900 університетах та коледжах по всьому

світу і часто цитується в академічній літературі. Перша версія RETScreen була випущена 30 квітня 1998р.

Ця модель об'єднує ряд баз даних для допомоги користувач, включаючи глобальну базу даних кліматичних умов, отриману від 6700 наземних станцій та супутникових даних NASA; він також може інтегрувати базову базу даних, базу даних про витрати, базу даних проєктів, базу даних гідрології та базу даних про товари.

Експерт RETScreen має можливості аналізу, що охоплюють весь життєвий цикл проєкту, що дозволяє користувачеві встановлювати референтні кліматичні умови на ділянці об'єкта для будь-якого місця на землі та порівнювати енергетичні показники різних типів еталонних (еталонних) об'єктів із розрахунковими (змодельованими) або вимірними (фактичне) річне споживання енергії об'єктом. Це програмне забезпечення може виконувати аналіз доцільності та ефективності, включаючи енергетичний аналіз, аналіз витрат, аналіз викидів, фінансовий аналіз та аналіз чутливості / ризику.

Остання версія RETScreen Expert була опублікована для відвідувачів 19 вересня 2016 р. І доступна для безкоштовного завантаження в режимі перегляду. Повна функціональність RETScreen Expert (включаючи можливість зберігання, друку та експорту файлів) доступна в професійному режимі, придбавши поновлюваний 12-місячний передплата, на даний момент 869 канадських доларів за підписку.

*Програмний інструмент PV * SOL*

PV*SOL - німецьке програмне забезпечення, розроблене Valentine Software для програми динамічного моделювання з 3D-візуалізацією та детальним аналізом затінення фотоелектричних систем. Дизайнери фотоелектричних систем, інженери, консультанти та монтажники можуть використовувати програмне забезпечення для професійного проєктування фотоелектричних систем. PV*SOL зробити точні прогнози, забезпечують клієнтам найкращу віддачу від своїх інвестицій, візуалізуючи системи та створюючи професійні звіти. PV * SOL працює під управлінням Windows Vista,

Windows 7, Windows 8 і Windows 10 з роздільна здатність монітора не менше 1024 x 768 пікселів. Це програмне забезпечення має 3D-дизайн для 3D-візуалізації будівель, затінення об'єктів, обертання земельної ділянки за допомогою об'єктів, перетягування об'єктів затінення, анімована сонячна доріжка, тінь, розподіл частоти, детальний аналіз відтінку для кожного окремого модуля. Користувач також може вибрати кількість охопленої площі, кількість PV-модуля, кількість інверторів, вихід генератора PV, орієнтація, азимут, нахил та тип установки. Модель може виконувати економічний аналіз та аналіз ефективності за допомогою вичерпного звіту, який можна експортувати в Excel. Остання версія - PV * SOL Premium 2018 було випущено 23 березня 2018 року, і для встановлення пробної версії потрібен пароль.

У даній магістерській дисертації буде використовуватись програмний інструмент PV*SOL, так як він дає можливість проєктувати підключення в мережу фотоелектричних установок. Створена модель дає можливість отримати інформацію стосовно енергії, яка генерується та споживається, можливості накопичення її в батарейних установках.

Окрім того, саме в ній можна підібрати оптимальне розміщення фотоелектропанелей на дахах зі складним профілем. PV*SOL дає можливість найбільш точно розраховувати втрати, викликані затінюванням панелей.

3.2 Оцінка ресурсів в місці будівництва СЕС та визначення рівня сонячної інсоляції

3.2.1 Характеристика місця будівництва дахової СЕС

У даній магістерській дисертації проведений розрахунок параметрів і конструкції СЕС на даху Інституту технічної теплофізики НАН України. Об'єкт розташований в місті Києві, по вул. Булаховського, 2 (рис.3.1 та рис.3.2). Зокрема, розглянута будівля навчального корпусу №1. Дах будівлі плоский, експлуатованим, з м'яким покрівельним покриттям у вигляді гумової мембрани, є

вентеляційні шахти. Габаритні розміри будівель представлені рис. 3.1. Будівля триповерхова, площа даху $18 \times 60 \text{ м}^2$.

Даний проект вважається доцільним тому, що в першу чергу відповідає напрямку розвитку Інституту, а саме: розробці та впровадженні нових інноваційних технологічних проектів, які допоможуть знизити енергоспоживання.

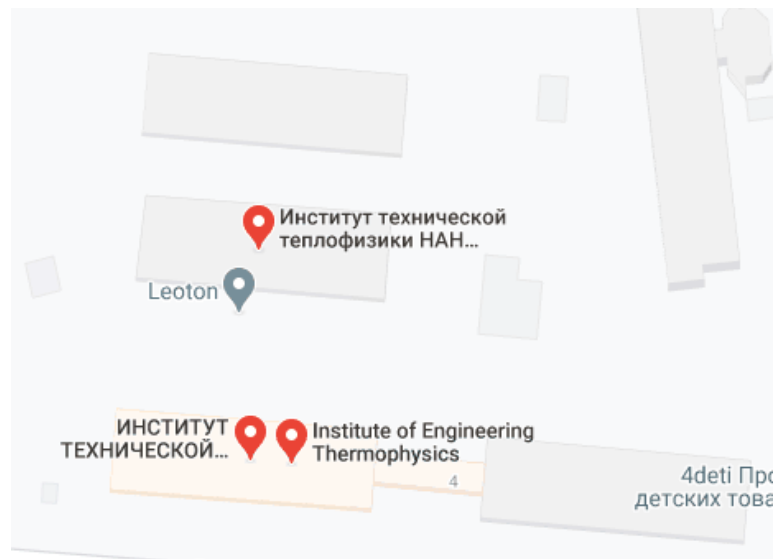


Рисунок 3.1 – Зображення будівлі на карті



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд будівлі

По-друге, дозволить раціональне та ефективне використання площі даху. І по-третє, є можливість продажу виробленої електроенергії за «зеленим» тарифом.

Для більш точного визначення встановленої потужності СЕС була зібрана і проаналізована інформація про споживану об'єктом потужність. Значення встановленої потужності СЕС визначалося з урахуванням того, що споживання потужності у вихідні дні значно нижче, ніж в робочі.

3.2.2 Визначення рівня сонячної інсоляції

В альтернативній енергетиці рівень інсоляції дуже важливий, тому що сонячна енергетика безпосередньо залежить від потоку сонячних променів, а від рівня інсоляції залежить ефективність сонячних батарей (рис.3.3). Чим вище інсоляція тим відповідно і вища ефективність геліосистеми. Однак інсоляція залежить від часу доби, тому з метою підвищення ККД новітні геліосистеми обладнані трекерами, які повертають батареї, тим самим даючи можливість вловлювати більше сонячної енергії [38].

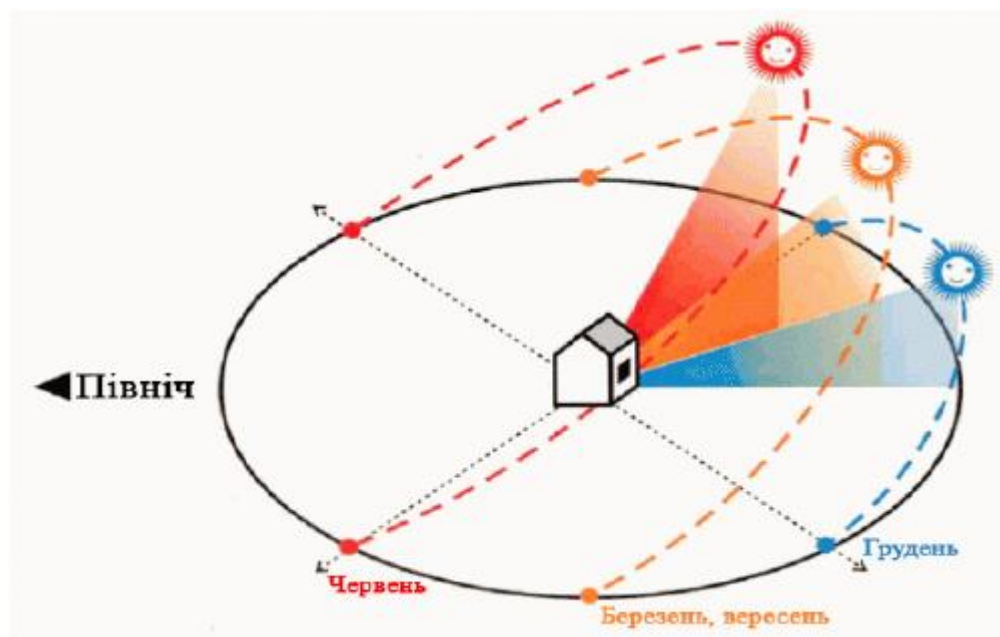


Рисунок 3.3 – Залежність інсоляції від широти та величини куту нахилу земної поверхні

В таблиці 3.1 наведені значення інсоляції з урахуванням кліматичних умов для деяких міст України. Розглядалися нерухомі панелі, які орієнтовані на південь під кутом нахилу 0° . Денні інсоляції можуть коливатися у 10-15 разів, тому значення інсоляції накопичувалось за місяць, що згладжує дані. Для отримання щоденної інсоляції необхідно поділити сумарну інсоляцію на місячну кількість днів [39].

Таблиця 3.1 – Середньомісячна повна інсоляція по місяцях деяких міст України

Місто	Середньомісячна повна інсоляція по місяцях, Дж/м ²											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Київ	96· 10 ⁶	141· 10 ⁶	266· 10 ⁶	417· 10 ⁶	591· 10 ⁶	626· 10 ⁶	611· 10 ⁶	511· 10 ⁶	362· 10 ⁶	210· 10 ⁶	82· 10 ⁶	55· 10 ⁶
Харків	15· 10 ⁶	176· 10 ⁶	326· 10 ⁶	440· 10 ⁶	628· 10 ⁶	658· 10 ⁶	654· 10 ⁶	582· 10 ⁶	419· 10 ⁶	230· 10 ⁶	105· 10 ⁶	71· 10 ⁶
Одеса	17· 10 ⁶	159· 10 ⁶	310· 10 ⁶	480· 10 ⁶	647· 10 ⁶	699· 10 ⁶	718· 10 ⁶	616· 10 ⁶	446· 10 ⁶	270· 10 ⁶	113· 10 ⁶	84· 10 ⁶
Дніпро	19· 10 ⁶	176· 10 ⁶	327· 10 ⁶	461· 10 ⁶	637· 10 ⁶	675· 10 ⁶	691· 10 ⁶	608· 10 ⁶	448· 10 ⁶	251· 10 ⁶	117· 10 ⁶	75· 10 ⁶
Полтава	94· 10 ⁶	157· 10 ⁶	274· 10 ⁶	402· 10 ⁶	576· 10 ⁶	628· 10 ⁶	622· 10 ⁶	522· 10 ⁶	374· 10 ⁶	210· 10 ⁶	86· 10 ⁶	63· 10 ⁶
Ковель	82· 10 ⁶	141· 10 ⁶	287· 10 ⁶	358· 10 ⁶	513· 10 ⁶	576· 10 ⁶	541· 10 ⁶	463· 10 ⁶	316· 10 ⁶	182· 10 ⁶	72· 10 ⁶	53· 10 ⁶

Сумарний потік сонячної енергії є функцією, яка включає в себе пряме, розсіяне та відбите сонячне випромінювання. Параметри прямого та розсіяного складових вираховують актинометричним шляхом вимірювань в певні години доби. Сонячну радіацію, яка надходить вдень можна розрахувати шляхом інтерполювання результатів термінових спостережень. Потім, за часом починаючи зі сходу Сонця і до заходу розраховують середньорічні, середньомісячні та середньодобові значення інсоляції, тобто енергії, яка надійшла на одиницю горизонтальної поверхні. Результати спостережень за багато років усереднюють та заносять у спеціальні бази даних.

Інтенсивність сонячного випромінювання залежить від безлічі факторів: географічної широти, кута нахилу приймальної поверхні по відношенню до Сонця, місцевого клімату, хмарності, запиленості повітря, висоти над рівнем моря, сезону року і часу доби. У середніх широтах вдень інтенсивність сонячного випромінювання досягає 800 Вт/м^2 влітку і $200 - 350 \text{ Вт/м}^2$ взимку, зменшуючись практично до нуля з заходом Сонця.

Сонячне випромінювання залежить від географічної широти точки на земній поверхні, її висоти над рівнем моря, пори року і доби, прозорості атмосфери і хмарності. Природний геліопотенціал характеризують сумарна сонячна радіація, що надходить на горизонтальній поверхню і тривалість сонячного сяйва протягом року.

Кількість сонячної радіації, яке принципово можливо використовувати збільшиться, якщо приймальню поверхню нахилити під деяким кутом, при цьому максимум буде досягнутий, якщо поверхня розташувати перпендикулярно сонячним променям на панелях, що стежать за Сонцем, які динамічно орієнтуються відносно його видимого положення. Це збільшує денний прихід сонячної радіації влітку на 25-40%, взимку - на 10-15%.

Найчастіше на практиці кут нахилу робочих поверхонь орієнтують на південь і приймають рівним широті місцевості: такий нахил вважається оптимальним і найбільш технічно реалізованим. Збільшити величину отриманої енергії дозволяє сезонне коригування розташування геліоприймачів.

Випромінювання, що досягає земної поверхні складається з двох складових: прямих і дифузійних. Пряме випромінювання - це випромінювання, яке надходить від Сонця, без зміни його напрямку. Дифузійне (розсіяне) випромінювання - це сонячне випромінювання після зміни його напрямку внаслідок відображення і заломлення атмосферою.

На рис.3.4 наведена розрахункова схема, яка використовується при розрахунку надходить сонячного випромінювання на довільно орієнтовану майданчик. При розрахунку використовуються такі поняття.

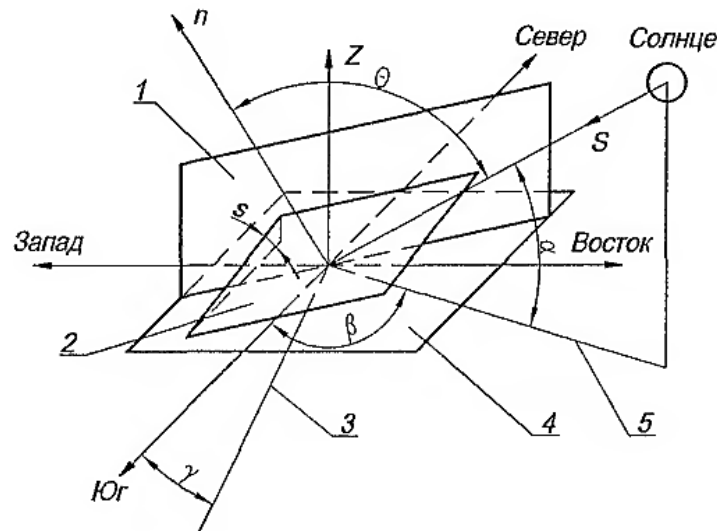


Рисунок 3.4 - Розрахункова схема

На розрахунковій схемі зображено: 1 - вертикальна площина; 2 - похила площина (досліджуваний майданчик); 3 - горизонтальна проекція нормалі n ; 4 - горизонтальна площина; 5 - горизонтальна проекція сонячного променя; Z - вертикаль місця; n - нормаль до похилій площині; S - пряме сонячне випромінювання на поверхні Землі; α - висота Сонця; β - азимут Сонця; γ - азимутальний кут досліджуваної майданчика; θ - кут падіння прямого сонячного випромінювання; δ - кут нахилу досліджуваної майданчики.

Кут падіння прямого сонячного випромінювання θ - кут між напрямком випромінювання на будь-яку поверхню і нормаллю n до цієї поверхні.

Нахил δ - кутове положення Сонця в сонячний полудень щодо площині екватора (значення позитивно для північної півкулі).

Азимутальний кут площини γ - відхилення нормалі до площини від місцевого меридіана (відхилення на схід вважається позитивним, на захід - негативним).

Висота Сонця α - кут між напрямком прямого сонячного випромінювання і горизонтальною проекцією сонячного променя.

Азимут Сонця β - кут між горизонтальною проекцією сонячного променя і напрямом на південь.

Часовий кут ω - кут, який визначає кутове зміщення сонця протягом доби. У полуденну годину кут дорівнює нулю. Значення часового кута до полудня вважається позитивним, після полудня - негативним. Для визначення сонячної радіації, що падає на похилу досліджувану плоску площадку, скористаємося виразом:

$$Q_{\text{нахил}} = Q_{\text{прям}} + Q_{\text{розс}} + Q_{\text{випр}}$$

де $Q_{\text{нахил}}$ - сумарна сонячна радіація, що падає на похилу площину, Вт/м²; $Q_{\text{прям}}$ - сонячне випромінювання, що падає на похилу поверхню, Вт/м²; $Q_{\text{розс}}$ - розсіяна сонячна енергія, яка падає на похилу поверхню, Вт/м²; $Q_{\text{випр}}$ - випромінювання, відбите від поверхні Землі, Вт/м².

За даною методикою можна визначити оптимальне значення кута нахилу сонячної панелі для даного інтервалу часу (місяці, сезону, року). Для проведення розрахунків краще використовувати відомі математичні програмні пакети, наприклад, MATLAB.

Можливо кілька випадків орієнтації сонячних панелей в процесі їх роботи:

1) Установка за допомогою фотоелектричних датчиків і систем стеження перпендикулярного потоку падаючого випромінювання. При цьому можливі варіанти стеження як по двох осях (азимуту і нахилу), так і по одній осі (нахилу).

2) Програмні розвороти сонячних панелей в залежності від розташування світила за допомогою спеціальних приводів. При цьому можливі варіанти поворотів як по двох осях (азимуту і нахилу), так і по одній осі (нахилу).

3) Дискретне посезонне (помісячне) зміна кута нахилу панелі. При цьому в азимуті панель орієнтується на південь.

4) Фіксоване положення панелі, як по куту нахилу, так і по азимуту, на весь період експлуатації.

З точки зору енергоефективності перший варіант найкращий. Він дозволяє отримувати на 30% добової сонячної енергії, яка падає на панель, але в той же час вимагає застосування дороговартісних приладів стеження і спеціальних конструкцій кріплення сонячних панелей.

Другий спосіб по ефективності поступається першому на 3-5%, але для його реалізації можна використовувати розімкнутий (без зворотного зв'язку) кроковий електропривод, що трохи знижує вартість, але вона буде також значна. Розглянуті вище способи, як правило, застосовуються для орієнтації концентраторів сонячної енергії в сонячних електростанціях теплового типу. Для їх застосування в складі фотоелектричних станцій потрібно техніко-економічне обґрунтування.

Четвертий спосіб з фіксованою орієнтацією панелей на всьому проміжку експлуатації має найнижчу енергоефективність, але простий у реалізації. Він, як правило, застосовується в фотоелектростанціях різної потужності.

Слід зазначити, що орієнтації в азимут на південь може здійснюватися не дуже точно (з точністю в кілька градусів). Як показали дослідження, зміна азимута в 15° зменшує надходження сонячної радіації на площадку на 5%. Таким чином, використовуючи описану методику, можна розрахувати рівень питомої інсоляції для типового дня кожного місяця року при середніх умовах хмарності для аналізованого місяця.

В якості типового дня можна рекомендувати середину місяця. Характеристики хмарності можуть бути визначені на основі бази даних метеоспостережень. Помноживши питому добову енергію сонячного випромінювання на кількість днів у місяці, отримуємо питому місячну енергію сонячного випромінювання в місці розміщення фотоелектростанції.

Зазвичай сонячні панелі розміщуються під кутом нахилу, рівному широті місцевості з орієнтацією на південь. Отриманий помісячний розподіл питомої енергії сонячного випромінювання для конкретної місцевості дозволяє вибирати обладнання фотоелектростанції і будувати енергетичні баланси автономної системи електропостачання.

3.3 Проектування та опис СЕС у програмі. Схемні конструктивно-компонуючі рішення

Мережева сонячна електростанція проектується з метою виробництва екологічно чистої електроенергії та подальшого отримання прибутку від продажу за зеленим тарифом. СЕС спроектована з застосуванням стрінгових інверторів і монокристалічних кремнієвих модулів (рис.3.5). Всі інвертори об'єднані в групи, які підключені до підвищує комплектним трансформаторних підстанцій 0,4/10 кВ.



Рисунок 3.5 - 3D-модель будівлі

Електрична енергія генерується фотоелектричними модулями одиничною потужністю 300 Вт (технічні характеристики наведено в рис.3.9) від енергії сонячного випромінювання. ФЕМ виробляють постійний струм, який надходить до інверторів де перетворюється на змінний струм. До кожного інвертору приєднується по 9 лінійок фотоелектричних модулів (ФЕМ). Кожен стрінг складається з 15-х модулів відповідно, з'єднаних послідовно (рис.3.6). Від інверторів змінний струм напругою 400 В надходить до ЦЗП.

Як регіону будівництва в PV*SOL обрано м.Київ (50,47 пн.ш., 30,36 сх.д.). На основі даних з власної метеобазы PV*SOL MeteoSyn значення середньорічного приходу СІ на горизонтальну поверхню становить 1166 кВт/м², а середньорічна температура 9°C.

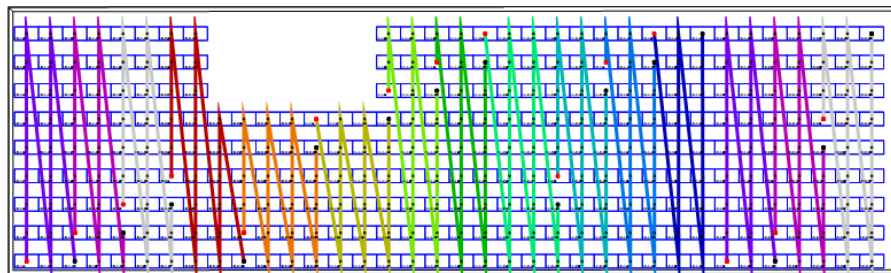


Рис.3.6 - Система з'єднання модулів на даху будівлі

Після вибору географічного положення СЕС (м.Київ) в середовищі PV*SOL була виконана 3D-модель адміністративних будівель з нанесенням на дах всіх конструкцій (вентиляційні виходи), які впливають на затінення покрівлі. На рис. 3.7 та рис. 3.8 представлені скріншоти з програми PV*SOL із зображенням моделі будівлі та даних з метеобазы.

Climate Data

Country		Location	
Ukraine		Kyiv	
Latitude	50° 28' 20" (50,47°)	Annual sum of global irradiation	1166 kWh/m²
Longitude	30° 21' 20" (30,36°)	Annual Average Temperature	9 °C
Time zone	UTC+2		
Time Period	1991 - 2010		
Resolution	Hourly	Simulation Parameters	

Рис. 3.7 - Дані з метеобазы PV*SOL - MeteoSyn

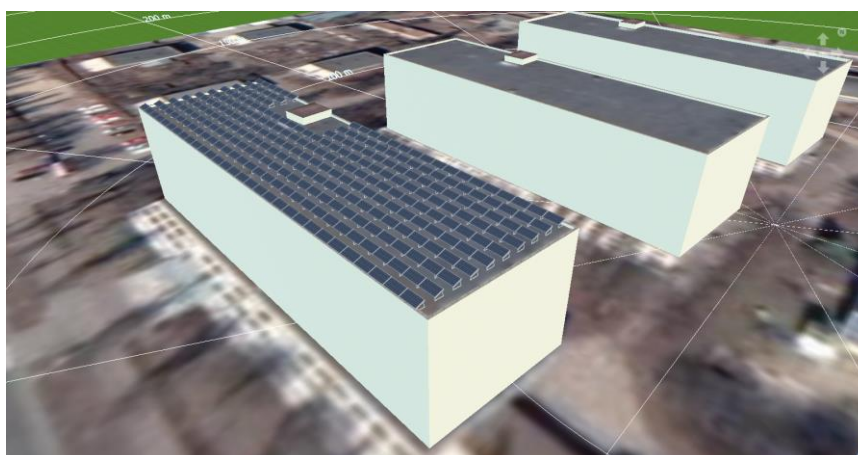


Рисунок 3.8 – Вигляд ФЕС зверху

3.4 Технічні характеристики обладнання для СЕС

3.4.1 Вибір типу фотоелектричних модулів

На основі технічних характеристик, а також із врахуванням економічності розглянемо два типи сонячних панелей компанії Viessmann: Vitosol 200-FM та Vitovolt 300.

Німецька компанія Viessmann протягом багатьох років є технологічним лідером в області виробництва обладнання для тепло- і енергопостачання. Сьогодні комплексна програма компанії Viessmann пропонує індивідуальні рішення систем тепло- і енергопостачання із застосуванням енергоефективного обладнання для всіх видів палива в діапазоні теплової потужності від 4,5 кВт до 20 МВт. Компанія Viessmann протягом десятиліть поставляє енергоефективні та екологічні опалювальні системи, що працюють як на традиційних видах палива - природному і зрідженому газі, дизельному паливі, так і з використанням відновлюваних джерел енергії – енергії сонця (сонячні колектори), природного тепла землі, води і повітря (теплові насоси) та ін.

Сонячна панель Vitosol 200-FM

Панель Vitosol 100-FM - потужний плоский колектор з абсорбційним шаром ThermProtect та з алюмінієвим каркасом [40]. Vitosol 200-FM тип SV2G (вертикальний) або тип SH2G (горизонтальний) може бути встановлений майже врівень з покрівлею, щоб забезпечити її гармонійність інтеграцію з дахом.

Панель Vitosol 200-F з великою поверхнею (тип 5DIA) з площею поглинач 4,87 м² є високотехнологічним та надійним рішенням. Постійно герметичний і добре ізольований навколишній складений алюмінієвий каркас і безшовне кріплення на панелі забезпечує постійну герметичність та стабільну роботу. Задня панель захищена від проколів та корозії. Високоєфективна теплоізоляція зменшує втрати тепла, особливо взимку.

Дана панель є достатньо простою в установці. Вбудовані труби подачі та повернення забезпечують надійний монтаж навіть для більших колекторних решіток завдяки гнучким вставним з'єднувачам з гофрованих труб з

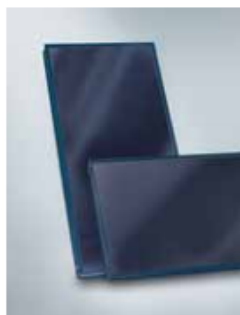
нержавіючої сталі. До дванадцяти сонячних колекторів можуть бути легко пов'язані між собою.

Плоскі колектори універсально підходять для монтажу на різних типах дахової кривлі. Легка в установці система кріплення Viessmann включає структурно випробувані, стійкі до корозії компоненти, виготовлені з нержавіючої сталі та алюмінію.

Визначимо основні переваги встановлення Vitosol 200

- Високоефективні плоскі колектори Vitosol 200-FM з пласким пластинчастим колектором з перемикаючим поглинаючим покриттям ThermProtect
- Відсутність перегріву при високій зовнішній температурі або низькій тепловіддачі
- Збільшена площа сонячного покриття для резервного опалення та опалення ГВП
- Постійна герметичність завдяки оточуючій колекторній рамі та безшовному кріпленню на панелі
- Швидке, надійне кріплення за допомогою гнучких вставних роз'ємів з гофрованої труби з нержавіючої сталі
- Універсально підходить для монтажу на плоскому даху
- Можливий горизонтальний та вертикальний монтаж
- Привабливий дизайн, спеціальне покриття RAL на рамі Vitosol 200-FM

Технічні характеристики Vitosol 200 наведено на рис.3.9



Vitosol 200-FM flat-plate collectors

		Vitosol 200-FM (type SV2F)	Vitosol 200-FM (type SH2F)	Vitosol 200-FM (type SV2G)	Vitosol 200-FM (type SH2G)
Gross area	m ²	2.51	2.51	2.56	2.56
Absorber area	m ²	2.32	2.32	2.32	2.32
Aperture surface	m ²	2.33	2.33	2.33	2.33
Dimensions					
Width	mm	1056	2380	1070	2394
Height	mm	2380	1056	2394	1070
Depth	mm	90	90	90	90
Weight	kg	41	41	41	41

Рисунок 3.9 – Технічний паспорт Vitosol 200-FM

Сонячна панель Vitovolt 300

Vitovolt 300 пропонує монокристалічні модулі потужністю до 300 Вт. Асортимент також включає 48 або 60 клітинних полікристалічних модулів, які мають потужність до 260 Вт. Фотоелектричні модулі Vitovolt 300 відрізняються високою потужністю, безкомпромісною якістю та високими гарантіями продуктивності. Фотоелектричні модулі підходять для встановлення на дахах окремих будинків та багатоквартирних будинків, а також у комерційних та виробничих приміщеннях [41].

Основні переваги Vitovolt 300:

- Клітини з технологією PERC;
- Висока ефективність модуля (до 19,1%);
- Використання високоякісних матеріалів для оптимального захисту від ефекту Hot-Spot та деградація модулів;
- Скло товщиною 3,2 мм з селективним антибліковим покриттям для оптимального сонячний поглинання;
- Тільки позитивний допуск потужності -0 / + 5 Вт;
- Відмінна механічна стійкість до високих снігових навантажень;
- Сертифікати відповідно до IEC 61215 та IEC 61730 гарантує відповідність вимогам міжнародні стандарти;
- Анодований алюмінієвий каркас, який під час експлуатації не скручується;
- Випробувана якість Viessmann.

Модулі серії MSBC мають чорний анодований каркас, монокристалічні комірки в особливо темному відтінку та чорну плівку Tedlar. На рис.3.10 зображено технічні характеристики Vitovolt 300

Technische Daten		
Vitovolt 300	Typ	M300PD allblack
Leistungsdaten bei STC¹		
Nennleistung P _{max}	W _p	300
Leistungstoleranz	W	0/+5
Spannung im MPP ² U _{mpp}	V	32,58
Strom im MPP ² I _{mp}	A	9,21
Leerlaufspannung U _{oc}	V	39,99
Kurzschluss-Strom I _{sc}	A	9,76
Modulwirkungsgrad	%	18,44
Temperaturkoeffizienten		
Leistung	%/°C	-0,390
Leerlaufspannung	%/°C	-0,295
Kurzschluss-Strom	%/°C	0,039
Zelltemperatur bei NOCT³	°C	45
Maximale Systemspannung	V	1000
Rückstromfestigkeit	A	15

Рисунок 3.10 – Технічний паспорт Vitovolt 300

Для даного проекту обираємо фотоелектричні модулі Vitovolt 300 M300, потужністю 300 Вт. За допомогою даної програми було спроектовано 303 модулі загальною потужністю – 90 кВт.

3.4.2 Вибір мережевого інвертора

Інвертори служать для перетворення постійної напруги від сонячних модулів і акумулятора в змінну напругу 220-380 В.

Перетворювач генерує до 33 кВт-год, має чотири MPPT з максимально широким діапазоном напруг (200-950 В). Завдяки цій особливості модель ідеально підходить для самих проблемних систем: частково затінених, з різноорієнтованих PV масивами, з сонячними панелями різного ступеня зношеності. Основні плюси це його гнучкість, компактність, відносно не висока вартість, продуктивність та гарантія від виробника від 5 років. Основними недоліками можна назвати мінімум функцій та базовий пакет зв'язку. Технічні характеристики інвертора наведені в табл.3.1

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики інвертора Huawei SUN2000-33KTL-A

Номинальна потужність змінного струму	30.0 кВт
---------------------------------------	----------

Продовження таблиці 3.1

Максимальна потужність змінного струму	33.0 кВА
Номінальний струм	48 А
Приєднання мережі (діапазон напруги) Частота (діапазон частоти)	230V / 400V, default 3W+N+PE; 50 Гц / 60 Гц
Гармонічне спотворення (THD)	<3.0%
Коефіцієнт потужності (cos φ)	0.9
Максимальна дозволена вхідна потужність постійного струму (P _{STU})	30.6 кВт
Максимальне допустиме значення напруги від фотомодулів (U _{PVISM})	1100 В
Максимальний допустимий струм на вході постійного струму	22 А
Максимальний допустимий струм короткого замикання від фотомодулів (I _{кз})	30 А
Діапазон напруги MPPT	480-800 В
Допустимий діапазон постійної напруги на вході	200-1000 В
Напруга початку генерації	620В
Кількість входів постійного струму (n)	8 шт.

Річна генерація дахової СЕС зображена на рис.3.11

На рис. 3.12 показано джерела системних втрат.

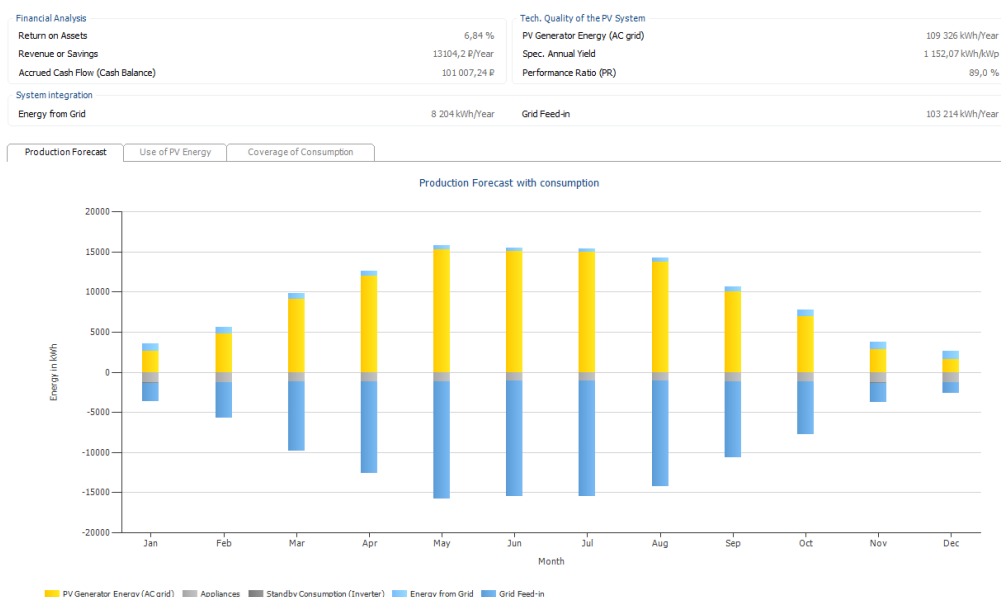


Рис.3.11 – Графік річної генерація від дахової СЕС

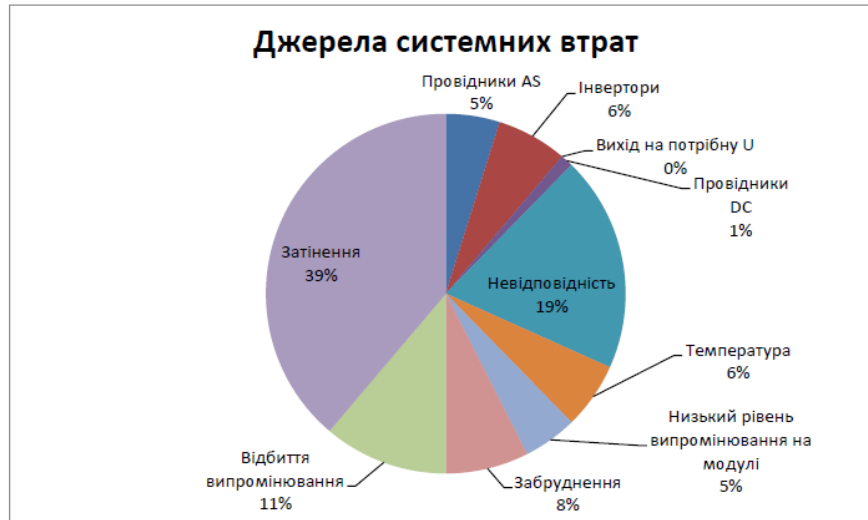


Рисунок 3.12 – Джерела системних втрат

3.5 Типи підключення дахової СЕС до мережі

Розрізняють стандартне і нестандартне підключення електроустановки до мережі [43]. Розглянемо їх детальніше.

Стандартне приєднання – це приєднання електроустановки (крім електроустановок, призначених для виробництва електричної енергії) замовника до діючих мереж електропередавальної організації на відстань, що не перевищує 300 метрів по прямій лінії від місця забезпечення потужності до місця приєднання (рис.3.13), яке диференціюється за ступенями потужності об'єкта замовника: перший ступінь – до 16 кВт включно; другий ступінь – від 16 кВт до 50 кВт включно; третій ступінь – від 50 кВт до 160 кВт включно [43].

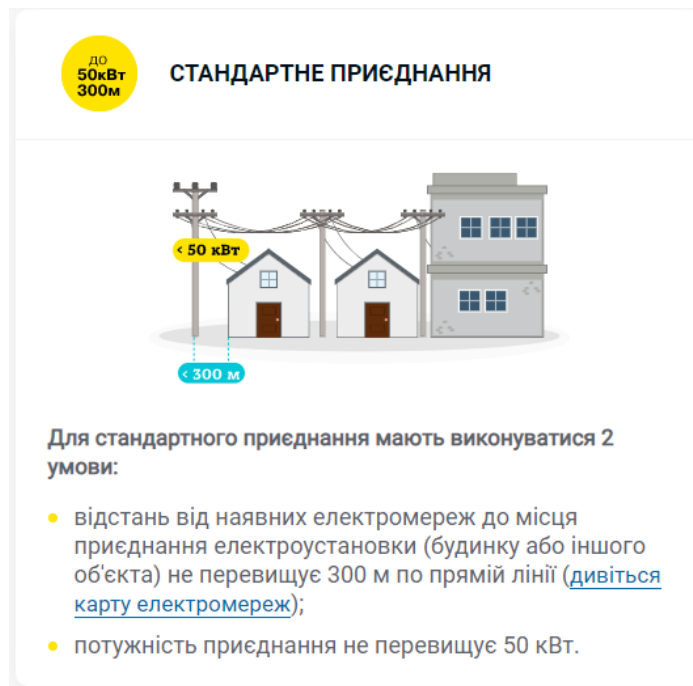


Рисунок 3.13 – Умови стандартного приєднання

Нестандартне приєднання – це підключення комунікацій об'єкту до зовнішніх електромереж, за умов, коли рівні напруги в місці приєднання та місці забезпечення потужності не співпадають (рис.3.14). Також нестандартним вважається приєднання електроустановки, яке перевищує регламентовані параметри для стандартного приєднання (потужність понад 50 кВт, відстань до точки підключення більше 300 м). Окремий випадок – приєднання електроустановки з виробництва електроенергії – теж належить до категорії нестандартних підключень [43].

Техумови нестандартного підключення електроенергії розробляються з урахуванням наступних факторів:

1. Оголошеної електричної потужності об'єкту, фазності
2. Технічних можливостей регіональної енергомережевої компанії:
 - Наявності можливості збільшення потужності;
 - Наявності вільних потужностей в найближчих розподільних установках;
 - Стану мереж;

- Пропускної спроможності мереж.



Рисунок 3.14 – Умови нестандартного приєднання

Приєднання дахової СЕС до мережі

Так як потужність сонячної станції становить 90 кВт, то підключення у нашому випадку буде нестандартним.

Згідно [47], при приєднанні електростанції до мережі необхідно вивчити і вирішити наступні питання:

1. Хто буде виконувати монтажні роботи і прокладання лінійної частини приєднання електропередавання, які будуються для потреб замовника, від точки в існуючих електричних мережах (повітряна лінія, трансформаторна підстанція або розподільчий пункт) електропередавальної організації відповідного ступеня напруги, від якої необхідно здійснювати будівництво електричних мереж, до точки приєднання електроустановок замовника.

2. Яка оплата чекатиме на замовника за приєднання.

Щоб надати відповідь на перше питання необхідно визначити, де буде знаходитись місце забезпечення (точка забезпечення) потужності (замовленої до приєднання) - місце (точка) в існуючих електричних мережах електропередавальної організації, від якого електропередавальна організація забезпечує розвиток електричних мереж з метою приєднання електроустановки замовника відповідної потужності або приєднання генеруючих потужностей і місце приєднання (точка приєднання) електроустановки - існуюча або запроектована межа балансової належності електроустановок споживача або замовника;

Якщо межа балансової належності електроустановок замовника буде встановлена при погодженні технічного завдання на проектування на повітряних лініях, трансформаторній підстанції або розподільчому пункту електропередавальної організації, то замовник має прокладати лінійну частина приєднання за власні кошти [47].

Але відповідно до п. 1.7. «Правил приєднання електроустановок до електричних мереж» - точка приєднання має бути розташована на межі земельної ділянки замовника або, за згодою замовника, на території цієї земельної ділянки.

Також враховуючи, що власнику СЕС не ефективно і не раціонально погоджуватись на встановлення точки приєднання за територією СЕС, оскільки будуть втрати в лініях електропередач та будуть виникати перетоки реактивної потужності, що вплине на ефективне і надійності функціонування всіх елементів СЕС і призведе до зменшення об'ємів генерованої на СЕС електричної енергії [47].

Тому, якщо межа балансової належності електроустановок замовника буде встановлена при погодженні технічного завдання на проектування на території СЕС, то всі роботи по приєднанню буде проводити електропередавальна організація.

Розрахунок витрат проводиться відповідно до Методики розрахунку плати за приєднання електроустановок до електричних мереж, яка розроблена

НКРЕКП відповідно до Закону України «Про електроенергетику» та затверджена постановою НКРЕ від 12.02.2013 № 115 (із змінами) (далі – Методика) [47].

Відповідно до статті 172 Закону України «Про електроенергетику» (в редакції, яка діяла на дату прийняття Методики) вартість послуг з приєднання електроустановок замовників, що не є стандартним приєднанням відповідно до статті 1 цього Закону, визначається проектно-кошторисною документацією відповідно до замовленої (заявленої) на приєднання потужності пропорційно до передбаченої проектом величини потужності, яку можливо додатково приєднати, відповідно до методики розрахунку плати за приєднання електроустановок до електричних мереж з урахуванням витрат на розвиток мереж для створення резерву потужності у місці забезпечення потужності [47].

Пунктом 4.2 Методики передбачено, що електропередавальна організація відповідно до формули 7 цієї Методики може щорічно розраховувати питому вартість нестандартного приєднання, тис. грн/кВт (без податку на додану вартість), та надавати НКРЕКП відповідне розрахункове значення з обґрунтуваннями. НКРЕКП розглядає надані електропередавальними організаціями відповідні розрахункові значення питомих вартостей нестандартного приєднання та встановлює на наступний календарний рік відповідні величини питомої вартості нестандартного приєднання, визначені відповідно до формули 7 цієї Методики, для кожної електропередавальної організації [47].

Повна плата за підключення складається із питомої вартості за приєднання власне потужності і лінійної вартості лінії електропередач до електромережі електропередавальної організації. Плата за нестандартне приєднання електроустановок замовника до електричних мереж електропередавальної організації $\Pi_{\text{пн}}$, тис. грн (без податку на додану вартість), розраховується за формулою:

$$\Pi_{\text{пн}} = P_{\text{заявл}} \times B_{\text{пн}} \times K_K + B_{\text{лнл}},$$

де, $P_{\text{заяв}}$ – заявлена до приєднання потужність електроустановок замовника, кВт; $V_{\text{нп}}$ – величина питомої вартості нестандартного приєднання електроустановок до електричних мереж. На даний час величина питомої вартості нестандартного приєднання електроустановок до електричних мереж на 2020 рік, для ПрАТ «Київські Регіональні Електромережі» відповідно до Постанови НКРЕКП від 31.01.2017 №148 «Про встановлення величин питомої вартості нестандартного приєднання електроустановок до електричних мереж на 2020 рік» наведена в додатку Б [47].

Величина K_k – коефіцієнт категорії надійності, його значення представлено в табл. 3.3 в залежності від класу напруги.

Таблиця 3.3 - Коефіцієнт категорії надійності електропостачання

Категорія надійності	I	II	III
K_k	1,6	1,2	1,0

Величина $V_{\text{лін}}$ – визначена відповідно до вимог розділу II Методики загальна вартість будівництва ліній електропередавання на відповідних ступенях напруги виключно для потреб замовника від найближчої точки в існуючих (діючих) електричних мережах (повітряна лінія, трансформаторна підстанція або розподільчий пункт) електропередавальної організації відповідного ступеня напруги, від якої необхідно здійснювати будівництво електричних мереж, до точки приєднання електроустановок замовника, тис. грн (без податку на додану вартість) [47].

Отже, загалом зауважимо, що при підключенні СЕС напряму до найближчої ПС чи в розрив існуючої лінії, а потім до ПС, розглядаються всі можливі варіанти підключення, та навіть відключення до більш віддаленої ПС. В якості критерію вибору кінцевого варіанту підключення виступають мінімальні загальні витрати на підключення та надійність і стійкість роботи електромережі [47].

Загальні витрати на підключення в основному включають не лише витрати на будівництво лінії підключення, але й витрати на реконструкцію та доукомплектування ПС. Останні визначаються техніко-економічним обґрунтуванням (додаток до договору з обленерго на прийняття ним електроенергії від СЕС відповідно до ТЗ на підключення) різних варіантів схем видачі потужності СЕС.

При виконанні ТЕО повинні бути враховані дані щодо перспективного електромережевого будівництва та обсягів генерації існуючих та перспективних електростанцій.

Лише на основі розробленого для кожної СЕС відповідного ТЕО може бути обґрунтований та вибраний найбільш оптимальний, наприклад, з точки зору витрат варіант підключення [47].

3.6 Екологічний аспект від впровадження СЕС

Згідно зі світовими тенденціями, що підтверджується Кіотським протоколом (1997) та Паризькою угодою (2015), більшість країн світу прагнуть зменшити викиди парникових газів. Україна не є винятком, адже в країні є значний потенціал щодо зменшення викидів оксиду вуглецю (CO₂). Значна частка викидів зумовлена енергетичною галуззю, так як більшість енергетичних підприємств є застарілими. Тому одним із актуальних питань є проведення оцінки потенціалу скорочення викидів CO₂ енергетичної галузі України в регіональному розрізі за рахунок використання можливостей сонячної електроенергетики [42].

Безперервне виснаження викопних видів палива і високий попит на енергію неухильно підвищують значення відновлюваних джерел енергії в усьому світі.

Україна в цьому плані не є винятком. Згідно з офіційною статистикою, Україна більш ніж на 70 % залежна від імпорту газу і нафти. В умовах гострої вуглеводневої кризи для країни стає особливо актуальним розвиток

альтернативних видів енергії – вітроенергетики, сонячної та водної (гідроенергетики).

Так, наприклад, відомо, що всього за два тижні Сонце випромінює на нашу планету такий обсяг енергії, якого б вистачило на потреби людства протягом усього календарного року. Сонячна енергія відноситься до відновлюваних або «зелених» видів енергії, які, за людськими мірками, є невичерпними. Територія України – зона середньої інтенсивності сонячної радіації. Однак в нашій країні більше 29 сонячних годин на рік, ніж в половині країн ЄС, що робить її дуже привабливою в плані інвестицій в місцеву геліоенергетику.

За даними Міністерства енергетики та вугільної промисловості України [44] в 2016 році в загальній структурі лише 7,6 % енергії, що виробляється від відновлюваних джерел в Україні. При цьому такі джерела, як вітроенергетика, сонячна енергія та біопаливо складають близько 1 % від усієї виробленої енергії. Відновлювані джерела енергії (ВДЕ) є не тільки необмеженими, але також екологічно безпечними і стійкими для навколишнього середовища ресурсами.

При цьому, розвиток світової енергетики, зокрема, розвинених країн (Німеччина, Італія, США, Японія та ін.) демонструє, що значимість ВДЕ буде тільки зростати. Саме покоління сонячної енергії має ряд переваг в порівнянні з іншими формами вироблення електроенергії. Основною проблемою є вимога землі, яка недоступна в деяких районах, а іноді буває занадто дорогою для будівництва станції.

Сонячна електроенергетика при експлуатації не має значного негативного впливу на навколишнє середовище, а тому може мати дуже незначні обмеження при її впровадженні. Прогнозовані обсяги зменшення викидів діоксиду вуглецю у 2020 році при освоєнні сонячної енергії, становитимуть близько 5 619 тис. тон (додаток А).

Створення сонячної електростанції на даху – це один з кроків на шляху становлення енергетичної незалежності України. Проект зі створення сонячної

електростанції на поверхні Каховського водосховища планується здійснити в рамках розширення діяльності та виробничої потужності інституту. Проект зі створення сонячної електростанції є екологічно чистим і повністю безпечний для навколишнього середовища. Матеріали, з яких створені конструкції, переробляються на 100 % [45].

3.7 Техніко-економічні показники встановлення дахової СЕС

Розрахунок капітальних витрат

Капітальні інвестиції для реалізації проектного технічного рішення включають:

- витрати на придбання обладнання, техніки, технології,
- технічних засобів контролю і обліку, пристроїв діагностики
- стану обладнання;
- витрати на будівельно-монтажні роботи;
- витрати на монтажну-налагоджувальні роботи;

При визначенні величини проектних капіталовкладень можна скористатися формулою:

$$K_{\text{пр}} = K_{\text{об}}(\sum^k C_i) + Z_{\text{тр}} + C_{\text{м}} + Z_{\text{дем}} + Z_{\text{ін}}$$

де, $K_{\text{об}}(\sum^k C_i)$ – витрати на придбання обладнання, техніки, технології, технічних засобів контролю і обліку, пристроїв діагностики стану обладнання, сумарна вартість комплектуючих i -го виду, необхідних для реалізації прийнятого технічного рішення, грн .;

$Z_{\text{тр}}$ – транспортно-заготівельні витрати, $Z_{\text{тр}} = 0,05 \cdot K_{\text{об}}$, грн;

$C_{\text{м}}$ – витрати на монтажну-налагоджувальні роботи, грн;

$Z_{\text{дем}}$ – витрати на демонтаж застарілого обладнання, грн;

$Z_{\text{ін}}$ – інші витрати, грн.

Витрати на придбання, монтаж і налагодження обладнання наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Перелік обладнання для дахової СЕС

№ п/п			Одиниці виміру	Ціна, \$	Сонячна установка потужністю 3,3 МВт	
	Устаткування	Виробник			Кількість	Загальна вартість, \$
1	Фотоелектричний модуль Vitovolt 300 M300, монокристал	Китай	шт.	146,00	303	44 238,00
2	Мережевий інвертор Huawei SUN2000 - 33KTL-A , 30кВт	Китай	шт.	2 300,00	3	6 900,00
3	Оптимізатор Solar Edge P851	Угорщина	шт.	70,00	152	10 640,00
4	Кріплення фотоелектричних модулів на скатний дах з бітумною крівлею. Матеріал - алюміній + оцинковка	Україна	шт.	26,00	303	7 878,00
5	PV конектори LAPP EPIC SOLAR MC4***	Німеччина	пара	3,20	90	288,00
6	PV кабель IBC SOLAR FlexiSun 6мм² black/red***	Німеччина	м.п.	1,30	1 000	1 300,00
7	Автоматика струмового захисту AC і DC Phoenix Contact:	Німеччина	компл.	210,00	3	630,00
8	Захист AC, DC від перенапруги Phoenix Contact:	Чехія	шт.	290,00	3	870,00
9	Монтаж ФЕМ, електротехнічні роботи, пусканалагоджувальні роботи, запуск СЕС, інжиніринг					4 000,00
				за устаткування, \$*		76 744,00

Таким чином, капітальні інвестиції, необхідні для установки системи на основі монокристала складають 76 744\$ (станом на 10.11.2020 згідно [46] становить 2 148 832 грн.)

Розрахунок експлуатаційних витрат

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічні обладнання відносяться:

- Амортизаційні відрахування (C_a).
- Заробітна плата обслуговуючого персоналу (C_z).
- Єдиний соціальний внесок (C_c).
- Витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання і мереж ($C_{пр}$).
- Вартість витрат електроенергії (C_e).
- Інші витрати ($C_{ін}$).

Таким чином річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$З = C_a + C_z + C_c + C_{пр} + C_e + C_{ін}$$

Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування - відрахування частини вартості основних фондів для відшкодування їх зносу.

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується з часу його використання. Час корисного використання об'єктів основних засобів нараховується враховуючи час його корисного використання. Термін корисного використання об'єктів основних засобів і нематеріальних активів 5 років, враховуючи економічну вигоду, технічні і якісні характеристики основних засобів, фізичне зношення, а також інших факторів, які можуть вплинути на використання СЕС. Термін корисного використання даного обладнання становить 12 років.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \Phi_{п} / (\Phi \cdot T_{п}), \%$$

Норма амортизації складає:

$$H_a = 76,744 / (76,744 \cdot 12) \cdot 100\% = 8,33 \%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АТ при прямолінійній методі:

$$AT = (H_a \cdot \Phi) / 100 = (8,33 \cdot 76,744) / 100 = 6,395 \text{ тис. \$}$$

Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

Повна річна економія від впровадження прийнятого технічного рішення визначається з урахуванням експлуатаційних витрат по даному об'єкту (рис.3.5):

$$E_{p \cdot \text{повн}} = E_p - C_{\text{пр}}, \text{ тис. грн},$$

Де, $E_{p \cdot \text{повн}}$ – прибуток за вироблену електроенергію на основі відновлюваних джерел енергії та продана за зеленим тарифом, тис. грн.

$$E_p = W_1 \cdot a - W_2 \cdot b, \text{ тис. грн}$$

Де, a – тарифи за кВт електроенергії за зеленим тарифом (становить 5 грн 11 коп. за 1 кВт) за даними з таблиці 3.5

Таблиця 3.5 - Ставки «зеленого» тарифу для СЕС

Тип станції	З 01.01.2017 по 31.12.2019	З 01.01.2020 по 31.12.2024	З 01.01.2025 по 31.12.2029
Дахова СЕС, тариф	0,163 євро/кВт·год	0,15 євро/кВт·год	0,13 євро/кВт·год
Наземна СЕС, тариф	0,15 євро/кВт·год	0,14 євро/кВт·год	0,12 євро/кВт·год

b – тариф на купівлю є/є, що не враховує зелений тариф (становить 1,68 для підприємств понад 600 кВт·год).

W_1 – електроенергія, яку необхідно продати в мережу за зеленим тарифом, $W_2 = 103\,214$ кВт·год/рік.

W_2 – річний виробіток є/є, $W_1 = 6\,112$ кВт·год/рік;

W_3 – електроенергія, яку необхідно докупляти для споживання власних потреб, $W_2 = 8\,204$ кВт·год/рік

Повна економія за рік складає:

$$E_{p \cdot \text{повн}} = E_p - W_3 \cdot b = 517\,141,6 \text{ грн}$$

Тоді період окупності СЕС становить:

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{пр}} / E_{\text{р.повн}} = 2\,148\,832 / 517\,141,6 = 4,1 \text{ рік}$$

Energy Flow Graph

Project:

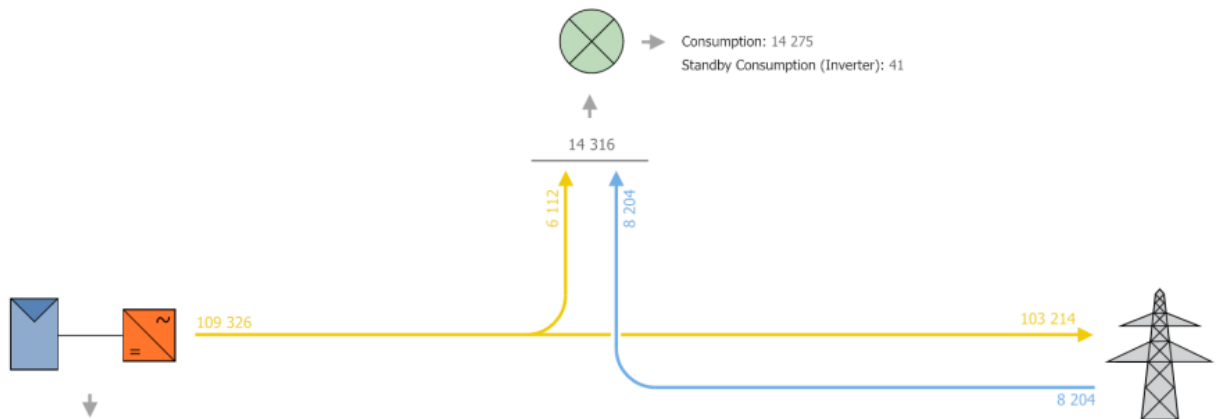


Рисунок 3.15 - схема розподілу ел.енергії виробленої дахової СЕС

Висновки до розділу

У даному розділі встановлено, що основним стимулюючим інструментом державної політики з розвитку ВДЕ є система «зелених тарифів», які затверджені з прив'язкою до євро та гарантовані до 2030 року. Однак державні рішення щодо перегляду тарифів, відміни податкових пільг для ВДЕ, підвищення вартості приєднання до мереж та потенційне запровадження штрафів за небалансування мають істотний негативний вплив на інвестиційну привабливість галузі та доступність боргового фінансування.

В даному розділі показано моделювання ФЕС на даху будівлі за допомогою спеціального програмного забезпечення (PV*SOL) потужністю 90 кВт змінного струму. Сонячна станція протягом року буде виробляти 101 742,8 кВт*год «зеленої» енергії.

В результаті виконання техніко-економічного аналізу був зроблений розрахунок вартості впроваджуваного проекту, а зокрема дахову СЕС,

капіталовкладення якої склало 2 148 832 грн, а термін окупності 4,1 рік, що для об'єктів на основі відновлюваних джерел доволі швидко. Також розрахована економічна ефективність від його впровадження.

Було встановлено, що при використанні такої системи відбувається економія коштів, а «чистий» дохід буде приноситися менш ніж через 5 років, що говорить про доцільність використання даних технологій.

4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

4.1 Опис ідеї проекту

Метою даного дослідження є розробка програми для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій і її елементів на LabVIEW.

Електронні обчислювальні машини (ЕОМ) дозволяють значно зменшити терміни проектування сонячних електростанцій. Сучасний етап використання ЕОМ для проектування сонячних електростанцій характеризується широким залученням універсальних програмних систем, що володіють багатим набором бібліотек елементів, що сприяють значному підвищенню ефективності проектування, зниження витрат на макетування і натурний експеримент.

Отже, для підвищення ефективності проектування сонячних електростанцій необхідно розробляти точні їх математичні моделі і спеціальні програмні комплекси, що дозволяють прискорити терміни проектування. Питання автоматизації проектування сонячних електростанцій в доступній літературі висвітлені недостатньо повно, тому розробка програм для розрахунку потужності сонячних електростанцій і її елементів є актуальним завданням.

Опис ідеї даного проекту, потенційні групи клієнтів, основне уявлення про зміст та потенційні базові ринки наведено в таблиці.4.1

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Запропонована в роботі методика розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій передбачає перерахунок потужностей навантажень на основну шину живлення електростанцій, визначення енергоспоживання навантажень за добу і складання графіка зміни навантаження за добу для встановлення необхідної ємності акумуляторної батареї сонячної електростанції і кількості окремих акумуляторних батарей, вироблених

промисловістю. Потім передбачається визначення потужностей зарядного пристрою, інверторів і сонячних модулів.

Табл.4.1 – Основні характеристики проекту

Зміст ідеї	Напрями застосування	Вигоди для користувача
Розробка програмного забезпечення для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій і її елементів на LabVIEW	1. вибір оптимальних варіантів компонування існуючої локальної енергетичної системи з використання ВДЕ виходячи з даних про споживання енергетичних ресурсів.	- суттєве спрощення розрахунків при проектуванні локальної енергосистеми - онлайн контроль за споживанням і генерацією всіх енергетичних ресурсів в енергетичній системі локального об'єкту
	2. аналіз та оцінка частки генерації відновлюваними джерелами енергії в структурі локальної енергетичної системи	- отримання аналітичних даних для прийняття рішень щодо планування/корекції річних графіків ремонтів основного обладнання в локальній системі
	3. розрахунку прогнозних значень щодо необхідного розвантаження традиційних джерел енергії що забезпечить використання в балансі потужності максимальної прогнозної величини ВДЕ	

За допомогою отриманих співвідношень розроблена програма для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій на основі LabVIEW, що використовує мова графічного програмування. Блочно-модульний принцип програмування, використовуваний LabVIEW, дозволяє

автономно налагодити роботу модулів – елементів сонячної електростанції і прискорити процес розробки програми.

Аналіз складових, необхідних для здійснення ідеї проекту наведено в таблиця 4.2

Таблиця 4.2 - Технології для здійснення ідеї проекту

	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Розробка програмного забезпечення для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій і її елементів на LabVIEW	Мова програмування Java	наявна	доступна
2		Мова програмування PHP	наявна	доступна
3		Мова Програмування Ms SQL C#	наявна	доступна

4.3 Зовнішній вигляд розробленої моделі калькулятора

Розроблена програма представлена у вигляді двох віртуальних приладів (калькуляторів), що працюють незалежно один від одного. Перший прилад дозволяє автоматично перераховувати потужності навантажень на основну шину харчування електростанції і визначати енергоспоживання навантажень за добу.

Прилад містить вікно для завдання потужності навантаження, ККД інверторів і імпульсних перетворювачів постійної напруги і часу роботи електроприладів. Для виведення результатів розрахунку передбачені вікно потужності навантажень на основний шині і енергоспоживання за добу. Крім того, на лицьовій панелі приладу розташовані вікно сумарної потужності навантаження і вікно енергоспоживання.

Передня панель першого калькулятора представлена на рис. 4.1

Калькулятор для розрахунку навантаження на основній шині і енергоспоживання за добу сумісної електростанції

Потужність навантаження	К.К.Д	Час роботи за сутки	Потужність навантаження на основній шині	Енергоспоживання за добу
Ph 1 1000	k1 0,8	t1 0,25	Pos1 1250	W1 312,5
Ph 2 1200	k2 0,8	t2 0,25	Pos2 1500	W2 375
Ph 3 250	k3 0,8	t3 12	Pos3 312,5	W3 3750
Ph 4 150	k4 0,8	t4 4	Pos4 187,5	W4 750
Ph 5 100	k5 1	t5 4	Pos5 100	W5 400
Ph 6 50	k6 1	t6 5	Pos6 50	W6 250
Ph 7 120	k7 0,8	t7 5	Pos7 150	W7 750
Ph 8 60	k8 0,8	t8 3	Pos8 112,5	W8 337,5
Итого Ph 2950			Итого Pos 3662,5	Итого W 6925

Рисунок 4.1 - Передня панель першого калькулятора

Структурна схема калькулятора розрахована на основі вузла «Формула» (рис. 4.2) і має досить невисоку трудомісткість і високу наочність. Програма має невеликі витрати машинного часу при розрахунках.

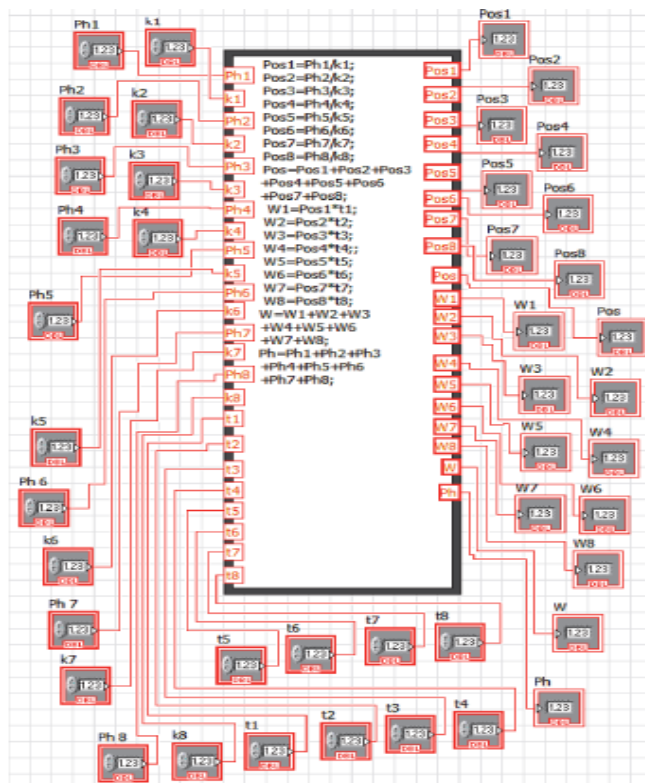


Рисунок 4.2 - Структурна схема першого калькулятора

Другий віртуальний прилад служить для визначення необхідної ємності акумуляторної батареї сонячної електростанції і кількості окремих акумуляторних батарей, а також для визначення потужностей зарядного пристрою інверторів, основних шини живлення, сонячних модулів і ККД сонячної електростанції.

Лицьова панель другого калькулятора представлена на рис. 4.3, а структурна схема на рис.4.4.

На лицьовій панелі приладу знаходяться вікна для завдання роботи першого калькулятора максимальних потужностей навантажень і інтервалів їх включення, ступені напруги акумуляторної батареї, вихідної напруги сонячної електростанції.

Мощность нагрузки	Время работы	Степень разряженности	Емкость АКБ АСЭ	Число послед. ветв. АКБ	Мощность ЗУ
Ph1: 1863	t1: 0,3333	Sp: 70	Ch: 394,103	n: 2	PSY: 1300,54
Ph2: 600	t2: 10		Энергоемкость АКБ АСЭ	Число парал. ветвей	Мощность ОС
		Емкость АКБ	Wc: 9458,48	m: 3,94103	Pos: 3488,68
Напряжения	К.П.Д	Ca: 100	Ток ЗУ	Число отдельных АКБ	Мощность СБ
Uh: 24	id: 0,8		ImS: 39,4103	Nm: 7,88207	Psb: 4360,85
Ua: 12	Izy: 0,8				К.П.Д АСЭ
					Kca: 0,42721

Рисунок 4.3 - Передняя панель второго калькулятора

Структурна схема другого калькулятора розроблена також на основі вузла «Формула». Калькулятор володіє невеликими втратами машинного часу при розрахунках.

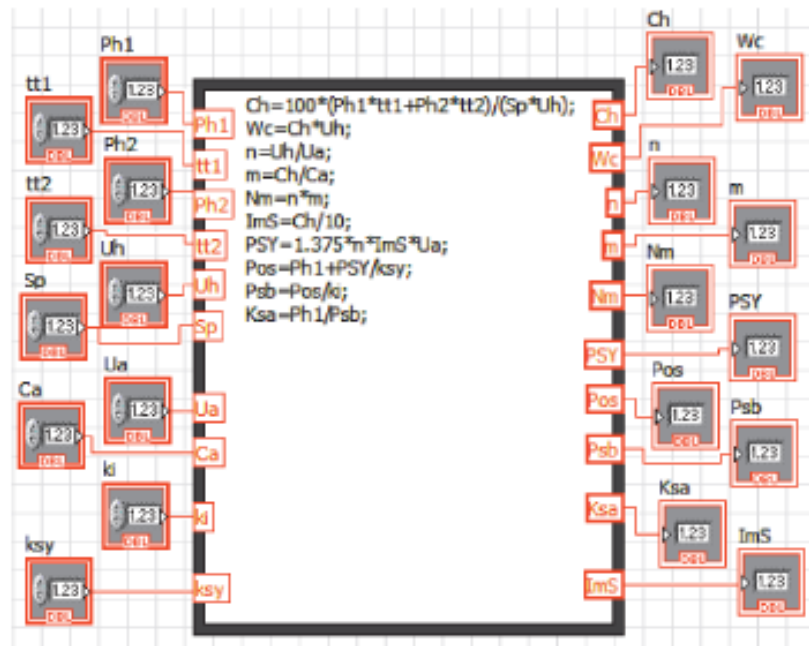


Рисунок 4.4 - Структурна схема алгоритму роботи другого калькулятора

4.4 Розроблення стратегії проекту

Для подальшого дослідження необхідно визначити стадії життєвого циклу стартапів (таблиця 4.3). Можна виділити 3 основні стадії життєвого циклу стартапів.

На першій стадії у розробника або керівника проекту є інноваційна ідея, але немає плану її реалізації. На цьому етапі починає формуватися команда і конкретизуються основні елементи ідеї проекту. Існують значні проблеми з фінансуванням, тому що через невизначеність інвестори бояться ризикувати, тому заздалегідь доцільно детально розробити варіанти залучення інвестицій.

На другій стадії основними завданнями є: складання бізнес-плану, пошук інвестицій і створення прототипу. На цій стадії гнучкість проекту зменшується, тому будь-які зміни в напрямку проекту будуть нести за собою великі витрати. Залучити інвестиції на даному етапі набагато простіше, ніж на першому етапі, тому, що за рахунок більш глибоко дослідження проекту, ризик того, що стартап не запуститься, значно зменшується. Відповідно, на цій стадії зосереджена велика частина фінансових інститутів.

На кінцевій третій стадії команда сформована, бізнес-план складений, продукт виводиться на ринок і надалі з'являється стійкий прибуток. Відбувається формування організаційної структури і компанія вибирає організаційно-правову форму. Далі відбувається вихід і перетворення проекту в нове підприємство.

Таблиця 4.3 - Ключові характеристики стадій життєвого циклу (ЖЦ) стартапів

Стадії ЖЦ стартапів	Основні характеристики
Перша	Наявність ідеї; Відсутня плану по реалізації ідеї; Початок формування команди; Деталізація елементів ідеї; Складність забезпечення фінансування проекту;
Друга	Розробка бізнес-плану; Створення робочого прототипу; Пошук джерел інвестицій
Третя	Вихід продукції на ринок; Досягнення стійкого прибутку; Формування організаційної структури.

4.5 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

На сьогоднішній день інвесторів в першу чергу цікавить ринок. На різних виставках проектів (в даному випадку ми говоримо про такі заходи, на яких розробники представляють свої проекти перед інвесторами: зустріч бізнес-ангелів, конкурси в рамках програм бізнес-інкубатора, акселератора і т.д.), які ще перебувають на першій стадії, інвестори не завжди просять фінансовий план, тому що він залежить в першу чергу від того, яка бізнес модель в підсумку буде. Найчастіше розробник, автор або ініціатор проекту приходять з однією бізнес-моделлю, але після роботи з маркетологами, менторами і самими інвесторами, бізнес-модель може докорінно змінитися.

Модель маркетингового обґрунтування будь-якого інноваційного проекту повинна містити відповідь на три ключових питання:

- Чи буде попит на продукцію по проекту?
- Якщо попит буде, то яка повинна бути ціна на одиницю продукції за проектом?

- Якщо попит буде, то яким буде обсяг продажів продукції за проектом? »

Аналіз попиту являє з собою дослідження потреби в товарі чи послугі.

Існує два варіанти обґрунтування попиту:

- Обґрунтування попиту характеризується наявністю різних угод на збут;
- Договору по збуту відсутній і наявність попиту на продукцію доведеться доводити за допомогою різних методів.

Якщо у стартапу немає угод по збуту своєї продукції, то варто використовувати методи визначення потреби, при чому дані методи повинні бути прості і зрозумілі для інвесторів, тому що надто велика кількість цифр без докладного пояснення, що не підвищить шанси на отримання додаткового фінансування. Для початку варто почати зі збору вторинної інформації. Можливо, схожі проекти реалізовувалися, а якщо ми плануємо виходити на існуючі ринки, то доцільно здійснити пошук інформації про ринок через конкурентів.

З приводу доцільності застосування вторинної інформації існують різні думки. З одного боку це хороший варіант в умовах обмежених фінансових ресурсів, з іншого боку такі дослідження можуть погубити стартап.

Якщо пошук вторинної інформації не дав достатньо інформації, то варто переходити до інших досліджень, таких як: фокус група, глибинні інтерв'ю та анкетне опитування.

«Фокус-група - це групова дискусія, що проводиться модератором за заздалегідь розробленим сценарієм в невеликій групі» типових »представників досліджуваної сукупності» Основні мета фокус-групи на даному етапі: аналіз запитів споживачів, їх сприйняття до майбутньої інновації, пошук ідей для вдосконалення своєї ідеї .

«Глибинне інтерв'ю - особиста бесіда з потенційним покупцем, з метою виявити приховані мотиви, за якими покупець може придбати нашу майбутню

інновацію». Для стартапу більше підходить нестандартизоване інтерв'ю, так як, чим більше рівень свободи відповіді респондента, тим більше у нас перспектив на успішну модифікацію проекту.

Анкетне опитування найпоширеніший метод дослідження, але не однозначний по оцінці ефективності його використання. На його основі можна робити різні угруповання відповідей і відбір необхідної нам первинної інформації, але даний метод часто призводить до неточних результатів через недостатню достовірності відповідей респондентів. За способами комунікації стартапи частіше використовують торговий і роздатковий анкетне опитування. Роздатковий анкетне опитування полягає в тому, що групі респондентів, зосереджених в одному місці, даються запитальники, які вони повинні терміново заповнити. Торгове опитування проводять за допомогою Інтернету через різні сайти-опитувальники. Але, на сьогодні, маркетологи частіше стали проводити опитування через сайти, різні спільноти і групи в соціальних мережах, на які підписані люди, які підходять для дослідження за географічними, віковим і іншими ознаками, що дозволяє проводити опитування серед зацікавлених груп і отримувати достовірну інформацію.

Після досліджень, володіючи великою базою первинної інформації, ми можемо приступити до сегментації. Сегментування - це процес поділу всіх потенційних покупців продукції фірми на певні групи, які мають свої особливі переваги і вимоги до товару, а також відбір тих цільових груп споживачів, на яких надалі буде орієнтована фірма з метою отримання максимального економічного зиску.

Фінальним етапом аналізу можливості впровадження стартапу є складання SWOT-аналізу. Він може стати в нагоді як маленьким стартапам, так і великим проектам.

Для виходу на ринок стартап повинен розуміти всі внутрішні і зовнішні можливості і загрози. Наприклад, створюючи нову соціальну мережу, необхідно оцінювати інтенсивність конкурентної боротьби, так як соціальних мереж існує велика кількість, загрози замінників продукту або послуги,

ринкову владу споживачів; вирішити, що саме є вашим УТП (унікальним торговим пропозицією) і т. д.

Великі гравці ринку повинні проводити SWOT-аналіз (таблиця 4.4) організації частіше ніж раз на рік. Це дає можливість підтримувати свою актуальність, так як зміни відбуваються щодня.

Таблиця 4.4 - SWOT- аналіз стартап-проекту

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<ul style="list-style-type: none"> - наразі подібні проекти вже реалізовані в країнах де інтенсивно будуються СЕС та ВЕС; - зручність в користуванні; - автоматичне управління та моніторинг стану сонячної електростанції. 	<ul style="list-style-type: none"> - економічна ситуація в державі; - вимагає підключення до мережі Інтернет; - вимагає проведення навчання персоналу замовника.
Можливості:	Загрози:
<ul style="list-style-type: none"> - підвищення якості електричної енергії; - оператор отримує можливість майже миттєвого введення резервних потужностей для утримання частоти - зменшення часу для виготовлення проекту 	<ul style="list-style-type: none"> - з'явлення конкуренція. - зменшення попиту; - економічна недоцільність, та зниження темпів розвитку ВДЕ - конкуренція.

4.6 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Визначення ключових переваг (табл.4.5) програмного забезпечення для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій і її елементів на LabVIEW показано у таблиці 4.5

За рахунок вибору цільових груп споживачів компанія розробляє найбільш відповідні позиціонування і цільову маркетингову програму. Виділяють наступні стратегії охоплення ринку в залежності від процесу сегментування:

- Масовий маркетинг (недиференційований);

- Концентрований маркетинг;
- Товарно-диференційований маркетинг (множинний);
- Індивідуальний маркетинг.

Таблиця 4.5 – Ключових переваг програмного забезпечення

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами
Надійність та захищеність	Індивідуальний доступ (ключ) для кожного клієнта за особистим паролем	Індивідуальний доступ
Достовірність інформації	Інформація отримана напряду від реальних суб'єктів генерації	Інформація є достовірною та перевіреною
Підтримка та оновлення	Створення і оновлення функцій, розширення можливостей	Врахування індивідуальних побажань клієнтів, перед кожним оновленням програмного забезпечення

Зупинимось детальніше на даних стратегіях, щоб виділити ті, які підходять для нашого стартапу:

Масовий маркетинг - компанія випускає один усереднений товар для всіх споживачів. Дана стратегія дозволяє компанії швидко налагодити масове виробництво і економити на витратах. Масову стратегію недоцільно використовувати в інноваційній сфері, тому що там переважає більше нецінова конкуренція. На сьогоднішній день такі проекти орієнтовані на конкретні цільові групи, а іноді і на індивідуального покупця, і запропонувати інноваційний товар для декількох сегментів без істотних доробок неможливо.

Концентрований маркетинг - фірма розробляє продукт для одного сегмента. Найбільш поширена стратегія для стартапів. Вийти на існуючі ринки стартапам складно в наслідок жорсткої конкуренції. Таким чином, продукція стартапів часто формує ринкову нішу, на якій конкурентів або немає, але вони незабаром з'являться, або конкуренти не будуть заважати через малий об'єм сегменту ринку. Дана стратегія дуже поширена через брак фінансових коштів

стартапів, тому що, зі складністю залучення додаткових коштів, вони не можуть диференціювати свою продукцію.

В таблиця 4.6 наведено основні стратегії охоплення ринку в залежності від процесу.

Таблиця 4.6 – Стратегії охоплення ринку в залежності від процесу сегментування:

Стратегія маркетингу	Визначення	Бар'єри для стартапу
Масовий маркетинг	Компанія випускає один усереднений товар для всіх споживачів.	Практично неможливо створити інноваційний продукт для декількох сегментів без істотних удосконалень, пов'язаних з великими витратами
Концентрований маркетинг	Фірма розробляє продукт для одного сегмента.	Існуючий ринок: великі витрати і мало інформації про ринок в порівнянні з конкурентами На ринковій ніші: пошук вигідною ринкової ніші
Товарно-диференційований маркетинг (множинний)	Фірма пропонує для кожного сегмента спеціально розроблений для них товар.	Недостатньо фінансових коштів і потужностей для диференціації.
Індивідуальний маркетинг	Компанія розглядає кожного покупця як окремий сегмент, тобто враховує індивідуальні переваги кожного і намагається врахувати їх у своєму товарі.	Можна реалізувати тільки за умови можливості адаптації продукції стартапу без серйозного збитку бюджету.

Товарно-диференційований маркетинг - фірма пропонує для кожного сегмента спеціально розроблений для них товар. Стратегія характерна для середніх і великих інноваційних компаній. Таким чином, компанії диверсифікують свої ризики і розраховують захопити істотну частку ринку в

кожному сегменті. Однак, є і свої мінуси: компанія несе великі витрати, тому що пропадає економія від масштабів виробництва, а також можливий марочний канібалізм (коли бренд компанії забирає споживачів у іншого бренду тієї ж компанії). Дана стратегія не підходить для стартапів через брак фінансових коштів і обмеженого доступу інформації по конкурентах в нових сегментах.

Індивідуальний маркетинг - компанія розглядає кожного покупця як окремий сегмент, тобто враховує індивідуальні переваги кожного і намагається врахувати їх у своєму товарі. Сама відповідна стратегія для стартапу, яка дозволить подолати бар'єри входу на ринок, так як індивідуальний підхід - це додаткова конкурентна перевага, в той же час, складно реалізовується. Продукція стартапу повинна легко адаптуватися під запити споживачів без серйозного збитку бюджету проекту.

Висновки до розділу

Ідея проекту полягає у створенні та розробці програми для розрахунку потужності автономних сонячних електростанцій і її елементів на LabVIEW.

На підставі проведених досліджень нам вдалося розкрити сутність стартапу, також ми детально проаналізували маркетингове обґрунтування проекту стартапів.

Розкрито основні структури підтримки стартапів на різних етапах його розвитку. Розроблено план проведення маркетингових заходів за стадіями ЖЦ стартапів.

Аналіз підтвердив, що підтримка проекту в режимі он-лайн і регулярне оновлення програмного продукту дає можливість бути комерційно привабливим цьому проекту для інвесторів і державних енергетичних компаній.

ВИСНОВКИ

1. Світові тенденції розвитку альтернативних, відновлювальних джерел енергії – це розвиток і використання, насамперед, нескінченної вітрової і сонячної енергії. Україна, відповідно до Енергетичної програми до 2030 р., взяла курс на розвиток альтернативної енергетики. Найперспективнішим і найефективнішим напрямом є удосконалення паливно-енергетичного комплексу та скорочення споживання органічного палива, завдяки чому можна значно скоротити обсяги викидів парникових газів та інших шкідливих інгредієнтів у природне довкілля і поліпшити його стан. Незважаючи на позитивну динаміку, рівень розвитку сонячної і вітроенергетики в Україні є досить низьким у порівнянні з іншими країнами Європи. Це обумовлене як економічним станом держави, так і рядом об'єктивних негативних факторів.

2. До державних механізмів стимулювання розвитку відновлювальної енергетики України можна віднести:

- встановлення "зеленого" (пільгового) тарифу на вироблену з альтернативних джерел енергії електричну енергію;
- зобов'язання оптового ринку електричної енергії України на законодавчому рівні купувати весь обсяг виробленої електричної енергії з альтернативних джерел енергії;
- формування державного фонду енергозбереження;
- податкові та митні пільги;
- пільгове кредитування;
- державні субсидії.

3. У результаті проведеного аналізу програмного забезпечення слід зазначити, що на сьогоднішній день PV*SOL – один з найбільш затребуваних інструментів для моделювання СЕС серед інженерів і менеджерів, які займаються реалізацією промислових сонячних електростанцій. За даної програми PV*SOL було розроблено проєкт і схемні рішення СЕС, враховуючи інженерні характеристики корпусу та кліматичні умови в м. Києві.

Був проведений аналіз обраного обладнання для автономної сонячної електростанції, визначено тип і потужність інвертора, допоміжного обладнання, а також обрані сонячні панелі з потужністю 300Вт, а також визначено кількість електричної енергії, що виробляється сонячними панелями протягом року, а також побудовані графіки споживання і вироблення енергії

В економічній частині вироблено техніко-економічне обґрунтування впроваджуваного проекту, що в свою чергу є доцільним, так як термін окупності склав 4,1 року.

4. Розроблений стартап-проект дозволить розробити програмне забезпечення для підвищення ефективності проектування сонячних електростанцій. Розроблена програма представлена у вигляді двох віртуальних приладів (калькуляторів), що працюють незалежно один від одного. Перший прилад дозволяє автоматично перераховувати потужності навантажень на основну шину харчування електростанції і визначати енергоспоживання навантажень за добу. Другий віртуальний прилад служить для визначення необхідної ємності акумуляторної батареї сонячної електростанції і кількості окремих акумуляторних батарей, а також для визначення потужностей зарядного пристрою інверторів, основних шини живлення, сонячних модулів і ККД сонячної електростанції.

Список літератури

1. Алексеев Б.А. Возобновляемые источники энергии за рубежом. Энергетика за рубежом. Приложение к журналу «Энергетик». – 2005. – Вып. 2. – С. 33–42.
2. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні / С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянников, З. Рамазанова / Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2. – С.4–7.
3. Ольховский Г.Г. Глобальные проблемы энергетики /Электрические станции. – 2005. – № 1
4. Справочник химика. [Електронний ресурс], - режим доступу: <https://chem21.info/info/1758460/> - Заголовок з екрану.
5. Развитие атомной энергетики и объединенных энергосистем. Объединенная энергосистема Украины. Денисевич К.Б. , Ландау Ю.А., Нейман В.А., Сулейманов В.Н., Шиляев Б.А. [Електронний ресурс], - режим доступу: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-4/section-2/section-3>
6. Энергетика Украины. [Електронний ресурс], - режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика_Украины - Заголовок з екрану.
7. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. – Кн. 3. – Харьков: ХАИ., 2006. –642 с.
8. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наук. думка, 1999. – 314 с.
9. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
10. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ/ Тижнева К.С., ст. гр. МЕК – 18. Режим доступу <http://eprints.library.odku.edu.ua/6324/1/Tizhneva%20K.S.%20%D0%91%D1%83%D1%80%D0%B3%D0%B0%D0%B7%20%D0%9E.%D0%90.%20Zbirniktez-KMV-06-10-travnnya-2019r.pdf>

11. Світові тенденції застосування та виробництва електроенергії з використанням відновлюваних джерел енергії. Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=353>
12. Основи вітроенергетики. Режим доступу: <https://vde.nmu.org.ua/ua/lib/%D0%9E%D0%92-2015-02-11.pdf>
13. Альтернативна енергетика в Україні. Режим доступу: <http://www.ua.z-pdf.ru/7tehnicieskie/957198-3-ggpivnyak-fpshkrabec-alternativna-energetika-ukraini-monografiya-dnipropetrovsk-ngu-udk-62092-62131938-bbk-31279-p64.php>
14. World Energy Outlook. Explore WEO 2018. URL: <https://www.iea.org/topics/renewables/geothermal/> (Last accessed: 15.01.2019).
15. Геотермальная энергетика: мировые тенденции и российские перспективы. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2016/05/20/geotherm_energy_world_tendency_russian_prospects (Last accessed: 17.12.2018).
16. Томаров Г.В., Никольский А.И., Семёнов В.Н., Шипков А.А. Геотермальная энергетика: справ.- метод. изд. Под ред. П.П. Безруких. М.: ИнтерэнергоИздат, Теплоэнергетик, 2015. 304 с.
17. Развитие геотермальной энергетики в мире. Международное геотермальное агентство (IGA). URL: <https://www.geothermal-energy.org/> (Last accessed: 23.01.2019).
18. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. John W. Lund and Tonya L. Boyd Geo-Heat Center, Oregon Institute of Technology, Klamath Falls, OR 97601, USA, retired
19. МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. ЧАСТЬ 2. НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. Режим доступу: file:///C:/Users/USER/Downloads/PZE_2019_1_7.pdf
20. Соболевский Э.Э. и др. Оценка запасов термальных вод УССР. Отчет. Госкомгеологии Украины в 3-х т. инв. номер 42121. К.

21. СТАРТОВЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УКРАИНЕ. Режим доступа: [file:///C:/Users/USER/Downloads/PZE_2019_2_7%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/PZE_2019_2_7%20(1).pdf)

22. КУРГАЛИН СТАНИСЛАВ НИКОЛАЕВИЧ Россия, г.Воронеж, ООО фирма «Олми» AlexStepanch@yandex.ru ОБ ЭНЕРГИИ МОРСКИХ ПРИЛИВОВ И ВОЛН

23. Практичний посібник з використання біомаси в якості палива у муніципальному секторі України / ГО «Агенство з відновлюваної енергетики», 2017, 70 с

24. Renewables 2015 Global Status Report http://www.ren21.net/wpcontent/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf].

25. WBA press release dated June 12, 2017 http://www.worldbioenergy.org/uploads/170612_WBAPR_GBS2017.pdf].

26. Практика впровадження твердопаливних котелень у ЖКГ України. Режим доступу: <https://aw-therm.com.ua/praktika-vprovadzhennya-tverdopalivnih-kotelen-u-zhkg/>

27. Загрози розвитку ВДЕ в рамках поточної моделі підтримки та пропозиції щодо їх усунення. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=245343726>

28. Постанова НКРЕКП № 641 від 26.04.2019 Порядок купівлі електричної енергії за "зеленим" тарифом. URL: <https://www.nerc.gov.ua/data/filearch/postanovy/2019/p0641-d-2019.pdf>

29. Постанова “Про затвердження Порядку продажу та обліку електричної енергії, виробленої споживачами, а також розрахунків за неї”. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/v2804874-19>

30. Закон Про ринок електричної енергії (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) {Із змінами, внесеними згідно із Законами № 2189-VIII від 09.11.2017, ВВР, 2018, № 1, ст.1 № 2581-VIII від 02.10.2018, ВВР,

2018, № 46, ст.371 № 2628-VIII від 23.11.2018, ВВР, 2018, № 49, с№ 2712-VIII від 25.04.2019, ВВР, 2019, № 23, ст.89№ 107-IX від 18.09.2019}. Документ 2019-VIII, чинний, поточна редакція – Редакція від 24.09.2019, підстава - 107-IX

31. ТОВ "KNESS Service". URL:<https://kness.energy/services/>

32. ВИМОГИ ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ, ЩОДО ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СЕС ТА ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЦИХ ВИМОГ / Мороз О. М., Павлов А. О. URL:<http://dspace.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/10252/1/20.pdf>

33. Про альтернативні джерела енергії. Закон України від 20.02.2003. № 555- IV.URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>.

34. СКЛАДОВІ МОДЕЛІ ДЛЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНКОВУ ВАРТІСТЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ. режим доступу: http://techned.org.ua/2020_4/st14.pdf

35. Огляд розвитку сектору ВДЕ за 2018 рік [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.slideshare.net/NKREKP/2018-126894035>

36. Даковські М., Вянцковські С.-К. Про енергетику для споживачів та скептиків. – Львів: ЕКОінформ, 2007. – 212 с.

37. Стимулювання відновлюваної енергетики в Україні за допомогою «зеленого» тарифу. Посібник для інвесторів. Міжнародна фінансова корпорація (IFC). Київ. 2017 р. 80 с.

38. Автоматизація енергоефективності готелю з використанням сонячних панелей. Маламед І.О., Пилипенко Ю.М. Режим доступу: file:///C:/Users/USER/Downloads/td_2019_2_8.pdf

39. Дослідження можливостей використання сонячної енергії для автономного живлення об'єкту. /О.О. Казіміров, К.В. Власов, А.І. Куртов, А.І. Потіхенський // Система обробки інформації, 2017.- №1(147).- С. 58-61

40. Viessmann [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.viessmann.ua/uk/zhytlovi-budynky/heliosystemy/plaski-kolektory/vitosol-200fm.html>
41. Фотомодулі VITIVOLT [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://viessmann.com.ua/sistemy-otoplenia-579/Vitovolt_300_M.html
42. Басок Б.І., Веремійчук Ю.А., Худенко В.О. Скорочення викидів CO₂ при використанні сонячної енергетики в Одеській області. V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку (PEMS'18), м. Київ; Дата проведення: 17-18 квітня 2018 ; Url - pems.kpi.ua
43. DTEK Київські електромережі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dtek-kem.com.ua/ua/connections>
44. Офіційний сайт державної служби статистики України. Енергетичний баланс України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua/>
45. Інноваційно-інвестиційний проект будівництва сонячної електростанції на плаву на поверхні Каховського водосховища. Режим доступу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/%D0%A1%D0%95%D0%A1-%D0%BD%D0%B0-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%83.pdf>
46. Національний банк України. Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates?date=11.12.2020&period=daily>
47. Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «KIM».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1

Додаток А

Таблиця Г1 – Основні результати від впровадження СЕС в Україні

Очікувані результати роботи ФЕС	Всього	Р о к и				
		2016	2017	2018	2019	2020
Потужність, МВт	2300	1250	1450	1700	2000	2300
Річний приріст потужності, МВт	1300	250	200	250	300	300
Виробництво електроенергії, ГВт.год	9130	1310	1520	1780	2100	2420
т.ж. в нафтовому еквіваленті ¹ , тис. т н.е	786	113	131	153	181	208
Заощадження умовного палива ² , тис. т у.п.	3287	472	547	641	756	871
Скорочення споживання природного газу, млн. м ³	2835	407	472	553	652	751
Запобігання викидів CO ₂ , тис. т	5916	849	985	1153	1361	1619
Задіяно робочих місць, тис. осіб	3,46	1,88	2,18	2,56	3,01	3,46

¹ За правилами Енергетичного Співтовариства у розрахунках прийнято наступні співвідношення:

- 1 ГВт-г = 86 т н.е.;

- 1 м³ природного газу = 1,16 кг у.п.;

- 1 т н.е. = 1,43 т у.п.; - кількість двоокису вуглецю з урахуванням еквіваленту газової ТЕС: 1 т у.п.= 1,8 т CO₂.

² Відповідно до української практики реальні витрати умовного палива на виробництво електроенергії ТЕС прийнято на рівні 1кВт.г = 0,36 кг у.п. Звідси розраховано заощадження природного газу та скорочення викидів двоокису вуглецю, вважаючи, що сонячна енергетика як безпаливна технологія використовується для заміщення використання викопного палива.

Додаток Б

Додаток 18
до постанови Національної комісії, що здійснює
державне регулювання у сферах енергетики та
комунальних послуг
22 листопада 2019 року № 2461

Ставки плати за нестандартне прислання потужності на 2020 рік для ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі» для електроустановок,
призначених для виробництва електричної енергії (без податку на додану вартість), тис. грн/1 кВт

№ з/п	Територіальна одиниця оператора системи розподілу	Ступінь напруги в точці прислання, кВ												110 (154) кВ					
		0,4 (0,23) кВ						6 (10) 20 кВ						35 кВ					
		міська місцевість			сільська місцевість			міська місцевість			сільська місцевість			міська місцевість			сільська місцевість		
		категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання	категорія надійності електропостачання
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	Правобережний РЕМ	2,466	2,276	1,897	2,416	2,231	1,859	2,155	1,989	1,658	2,112	1,950	1,625	1,785	1,648	1,373	1,750	1,615	1,346
2	Львівський РЕМ	2,681	2,475	2,063	2,628	2,426	2,021	2,344	2,163	1,803	2,297	2,120	1,767	1,941	1,792	1,493	1,902	1,756	1,463
3	Північний РЕМ	2,444	2,256	1,880	2,395	2,211	1,842	2,136	1,972	1,643	2,093	1,932	1,610	1,769	1,633	1,361	1,734	1,601	1,334
4	Центральний РЕМ	2,363	2,181	1,818	2,316	2,138	1,781	2,065	1,906	1,589	2,024	1,868	1,557	1,711	1,579	1,316	1,677	1,548	1,290
																	0,824	0,776	0,647
																	0,896	0,827	0,689
																	0,817	0,754	0,638
																	0,790	0,729	0,607

Заступник директора Департаменту із регулювання відносин у сфері енергетики

А. Огньов